ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದ

ಡಾ|| ವ್ಹಿ. ಎಮ್. ಕೋರವಾರ,
ಎಂ.ಎಸ್‌ಸಿ., ಪಿಎಚ್.ಡಿ.

ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಧಾರವಾಡ
ಸಪ್ಟೆಂಬರ, ೧೯೬೮

ಉಪನ್ಯಾಸ ಗ್ರಂಥಮಾಲೆ

೧೯೬

ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದ

ಡಾ॥ ವ್ಹಿ. ಎಮ್. ಕೊರವಾರ,

ಎಂ. ಎಸ್‌ಸಿ., ಪಿಎಚ್.ಡಿ.

ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಧಾರವಾಡ

ಸಪ್ಟಂಬರ, ೧೯೭೪

ಪ್ರಕಾಶಕರು :

ಎಸ್. ಎಸ್. ಒಡೆಯರ, ಎಂ. ಎ., ಎಲ್‌ಎಲ್. ಬಿ
ಕುಲಸಚಿವರು,
ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಧಾರವಾಡ

ಪ್ರಥಮ ಮುದ್ರಣ : ೫೦೦೦ ಪ್ರತಿಗಳು
ಸಪ್ಟಂಬರ, ೧೯೭೪

ಬೆಲೆ : ೨೫ ಪೈಸೆ

ಮುದ್ರಕರು :

ಸದಾನಂದ ಎಸ್. ಪವಾರ
ಸದಾನಂದ ಪ್ರಿಂಟರ್ಸ, ಮಾರ್ಕೆಟ್,
ಧಾರವಾಡ-೧

ಮುನ್ನುಡಿ

ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯವು ತನ್ನ ವ್ಯಾಸಂಗವಿಸ್ತರಣ ಹಾಗೂ ಪ್ರಕಟನ ಶಾಖೆಯ ಮುಖಾಂತರ ಕೈಕೊಂಡು ನಡೆಸುತ್ತಿರುವ ಜ್ಞಾನಪ್ರಸಾರ ಯೋಜನೆಗಳಲ್ಲಿ ಈ 'ಉಪನ್ಯಾಸ ಗ್ರಂಥಮಾಲೆ' ಅತ್ಯಂತ ಮುಖ್ಯವೂ, ಜನಪ್ರಿಯವೂ ಆಗಿರುವದು ಹೆಮ್ಮೆಯ ಮಾತಾಗಿದೆ. ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಆಡಳಿತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಎಂಟು ಜಿಲ್ಲೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಉಪನ್ಯಾಸ ಶಿಬಿರಗಳನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಲಾಗುತ್ತಿದ್ದು, ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕೆ ಸೇರಿದ ಕಾಲೇಜುಗಳ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರು ಸಾಹಿತ್ಯ, ವಿಜ್ಞಾನ, ಸಾಮಾಜಿಕಶಾಸ್ತ್ರ ಮೊದಲಾದ ಶಾಖೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಆಯ್ದುಕೊಂಡು, ಶಾಸ್ತ್ರಸಮ್ಮತವಾದ ಸರಣಿಯಲ್ಲಿ, ಜನಸಾಮಾನ್ಯಕ್ಕೆ ತಿಳಿಯುವ ಶೈಲಿಯಲ್ಲಿ ಈ ಶಿಬಿರಗಳಲ್ಲಿ ಉಪನ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಕೊಡುತ್ತಾರೆ. ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಜ್ಞಾನಭಾಂಡಾರದ ಅಲ್ಪಾಂಶವನ್ನಾದರೂ ಮಹಾಜನರ ಮನೆಬಾಗಿಲಿಗೆ ಒಯ್ದು ಮುಟ್ಟಿಸಬೇಕೆಂದು ಮಾಡಿದ ಈ ಪ್ರಯತ್ನಕ್ಕೆ ನಮ್ಮ ನಿರೀಕ್ಷೆಗೆ ಮೀರಿದ ಮೆಚ್ಚಿಕೆಯೂ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹವೂ ದೊರೆಯುತ್ತಿವೆ. ಜನರು ತಾವಾಗಿಯೇ ಮುಂದೆ ಬಂದು ತಮ್ಮ ತಮ್ಮ ಊರುಗಳಲ್ಲಿ ಉಪನ್ಯಾಸಮಾಲಿಗಳನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಲು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಕ್ಕೆ ಬರೆದು ಬಿನ್ನವಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವದು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಸಂತೋಷದ ಸಂಗತಿಯಾಗಿದೆ.

ಈ ಜ್ಞಾನ ಪ್ರಸಾರ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವದರಿಂದ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಹಾಗೂ ಕಾಲೇಜುಗಳ ಅಧ್ಯಾಪಕರಿಗೆ ಆಯಾ ಪ್ರದೇಶದ ಜನತೆಯೊಡನೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಪರ್ಕ ಒದಗುವದಲ್ಲದೆ ಎಂಥ ವಿಷಯವನ್ನಾದರೂ ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿಹೇಳುವ ಹಾಗೂ ಅದನ್ನು ಸುಲಭ ಶೈಲಿಯಲ್ಲಿ ಬರೆವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿಳಿಸುವ ಅವಕಾಶ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಅವರೆಲ್ಲರೂ ಮನಮುಟ್ಟಿ ಸಹಕರಿಸುತ್ತಿರುವದು ಶ್ಲಾಘನೀಯ.

ಈ ಮಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಈಗಾಗಲೇ ೧೯೫ ಪುಸ್ತಕಗಳು ಪ್ರಕಟವಾಗಿವೆ. ಅವು ಅಚ್ಚಾಗಿ ಹೊರ ಬಂದೊಡನೆ ಅವುಗಳ ಸಾವಿರಾರು ಪ್ರತಿಗಳನ್ನು ಜನರು ಕೊಂಡು ಓದುತ್ತಾರೆ. ಅನೇಕ ಪುಸ್ತಕಗಳು ನಾಲ್ಕು–ಐದು ಮುದ್ರಣಗಳನ್ನು ಕಂಡಿರುವದು ಈ ಮಾಲೆಯ ಉಪಯುಕ್ತತೆಯನ್ನೂ, ಜನಪ್ರಿಯತೆಯನ್ನೂ ವ್ಯಕ್ತಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ಇದು ನಾಡಿನ ಪ್ರಗತಿಯ ಚಿಹ್ನೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸುತ್ತೇನೆ.

ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಈ ಸೇವೆಯ ಸಂಪೂರ್ಣ ಪ್ರಯೋಜನ ಪಡೆದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಜನತೆ ನಾಡಿನ ಸರ್ವತೋಮುಖ ಪ್ರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಪಾಲುಗೊಳ್ಳಲೆಂದು ಹಾರೈಸುತ್ತೇನೆ.

ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ,
ಧಾರವಾಡ
೧೨–೯–೧೯೭೪

ಆರ್. ಸಿ. ಹಿರೇಮಠ
ಕುಲಪತಿ

ಅ ರಿ ಕೆ

ಕಳೆದ ಫೆಬ್ರುವರಿ ತಿಂಗಳಲ್ಲಿ ಕಮಲ ನಗರ (ಬೀದರಜಿಲ್ಲೆ) ಗ್ರಾಮದಲ್ಲಿ, ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಉಪನ್ಯಾಸ ಶಿಬಿರದ ಆಶ್ರಯದಲ್ಲಿ ನಾನು ಮಾಡಿದ ಭಾಷಣವನ್ನೆ, ಕಿಂಚಿತ್ ಬದಲಾವಣೆ ಮಾಡಿ, ವಿಷಯವು ಚಿಕ್ಕ ಪುಸ್ತಕವಾಗುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಿ ಬರೆದಿದ್ದೇನೆ. ನಾನು ಆಯ್ದುಕೊಂಡ ವಿಷಯ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದ (Theory of Relativity). ಭಾಷಣಕ್ಕೆ ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಂಡ ನಂತರ ಅದರ ಯಶದ ಬಗ್ಗೆ ನನಗೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಸಂದೇಹ ತೋರತೊಡಗಿತು. ವಿಷಯ ಗಹನ ವಾದ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ವಾದ. ಕಮಲನಗರದಂತಹ ಗ್ರಾಮದಲ್ಲಿ ಇದರ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿಯುವಂತೆ ಮಾತನಾಡಲು ನಾನು ಸಮರ್ಥ ನಾಗುವೆನೆ ಎಂಬ ಶಂಕೆ ತಲೆದೋರಿತು. ಅಂತೂ ವಿಷಯ ಕೊಟ್ಟದ್ದಾಗಿತ್ತು. ಭಾಷಣವೂ ಆಯಿತು. ಭಾಷಣಕ್ಕೆ ದೊಡ್ಡ ಜನಸಮುದಾಯ ಇದ್ದಿರಲಿಲ್ಲವಾದರೂ, ಭಾಷಣದ ನಂತರ ಹಲ ಕೆಲವರು ನನ್ನನ್ನು ವಿಷಯದ ಬಗ್ಗೆ ಪ್ರಶ್ನಿಸಿದರು. ಅವರ ಕುತೂಹಲವನ್ನು ನೋಡಿ ನಾನು ಮಾಡಿದ ಭಾಷಣ ಸಾರ್ಥಕವಾಯಿತೆಂದು ತಿಳಿದುಕೊಂಡೆನು. ಆದುದರಿಂದಲೇ, ಈಗ ಬರೆಯುವ ಹವ್ಯಾಸ ಕೂಡ ಮಾಡಿದ್ದೇನೆ.

ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದ ಈ ಶತಮಾನದ ಅತ್ಯಂತ ಮಹತ್ವ ಪೂರ್ಣ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಾಧನೆಗಳಲ್ಲೊಂದು. ಐವತ್ತು-

ಅರವತ್ತು ವರುಷಗಳ ಪೂರ್ವದಲ್ಲಿ (ಈ ವಾದವನ್ನು ೧೯೦೫ ರಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಲಾಗಿತ್ತು) ಈ ವಾದವನ್ನು ತಿಳಿದವರು ಪರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಕೂಡ ತೀರ ಕಡಿಮೆ. ಆದರೆ, ಈಗ ಅದನ್ನು ಬಲ್ಲವರು ಅನೇಕರು. ಆದರೂ, ನಮ್ಮ ದೇಶದಲ್ಲಿ ಈಗಲೂ ಕೂಡ ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ತಿಳಿದವರು ತೀರ ಕಡಿಮೆ ಎಂದೇ ಹೇಳಬೇಕು. ಏಕೆಂದರೆ, ಬಿ.ಎಸ್ಸಿ. ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ವನ್ನು ಪ್ರಮುಖ ವಿಷಯವನ್ನಾಗಿ ಆರಿಸಿಕೊಂಡ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿ ಗಳು ಮಾತ್ರ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದವನ್ನು ಓದುತ್ತಾರೆ. ಹೀಗೆ ಅನುಕೂಲವಿಲ್ಲದವರಿಗೆ, ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿ ಇದ್ದವರಿಗೆ ಅನುಕೂಲವಾಗಲೆಂದು ಈ ವಿಷಯದ ಬಗ್ಗೆ ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಜನರು ಬರೆಯುತ್ತಲಿದ್ದಾರೆ. ಇದೂ ಒಂದು ಅಂತಹ ಯತ್ನ.

ವಿಷಯ ನಿರೂಪಣೆಯಲ್ಲಿ, ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ, ಆದರೆ ಅವಶ್ಯವಾದ ಗಣಿತದ ಸಹಾಯವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದದ (Special Theory of Relativity) ಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಹೇಳಲಾಗಿದೆ. ವಿಷಯವನ್ನು ಪೂರ್ತಿಗೊಳಿಸಲೋಸುಗ ವ್ಯಾಪಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದದ (General Theory of Relativity) ಪರಿಚಯು ವನ್ನೂ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತದಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಮುದ್ರಿಸುವಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿ ತೋರಿಸಿದ ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಪ್ರಕಟನ ವಿಭಾಗದ ಅಧಿಕಾರಿ

ಗಳಿಗೆ ನನ್ನ ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳು. ಸುಂದರವಾಗಿ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಟ್ಟ ನನ್ನ ಮಿತ್ರ ಡಾ. ವಿ. ಜಿ. ತುಳಸೀಗೇರಿಯವರಿಗೂ ನಾನು ಉಪಕೃತ.

ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ವಿಭಾಗ ವ್ಹಿ. ಎಸ್. ಕೋರವಾರ
ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ,
ಧಾರವಾಡ
೧೩-೯-೧೯೭೪.

ಪರಿವಿಡಿ

೧. ಪೀಠಿಕೆ

ಸೂರ್ಯ ಅಥವಾ ಚಂದ್ರ, ಉದಯಿಸುತ್ತಿರುವಾಗ ಇಲ್ಲವೆ ಅಸ್ತವಾಗುವಾಗ ನೆತ್ತಿಯಮೇಲಿರುವಾಗಿನಕಿಂತ ದೊಡ್ಡವನಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತಾನೆ, ಏಕೆ? ಉದಯಿಸುವಾಗ ನಮ್ಮಿಂದ ಅವನ ದೂರ, ನೆತ್ತಿಯ ಮೇಲೆ ಅವನಿರುವಾಗಿನ ದೂರಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಇರಬಹುದೆ? ಹಾಗೇನೂ ಇಲ್ಲ; ನಿಜ ನೋಡಿದರೆ ಆ ದೂರ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಹಾಗಾದರೆ? ಅದರ ಕಾರಣವಿಷ್ಟೆ: ಉದಯಿಸುವಾಗ, ಇಲ್ಲವೆ ಅಸ್ತಂಗತನಾಗುವಾಗ, ಸೂರ್ಯ ಕ್ಷಿತಿಜದ ಹತ್ತಿರ ಇರುತ್ತಾನೆ. ನಾವು ಅವನ ಕಡೆಗೆ ನೋಡುವಾಗ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಇನ್ನಿತರ ವಸ್ತುಗಳೂ ನಮ್ಮ ದೃಷ್ಟಿಗೆ ಬೀಳುತ್ತವೆ. ಗಿಡಗಳೊ, ಮನೆಗಳೊ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಂಬಗಳೊ, ಇಲ್ಲವೆ ಮತ್ತಿನ್ನಾವೋ ವಸ್ತುಗಳು ಅದೇ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಗೋಚರವಾಗುತ್ತವೆ. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಈ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳೂ ಚಿರ ಪರಿಚಿತವಾದಂತಹವು. ಅವುಗಳ ಗಾತ್ರಗಳ ಅರಿವು ನಮಗೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಕ್ಷಿತಿಜದ ಸನಿಹದಲ್ಲಿರುವ ಸೂರ್ಯನೆಡೆ ನೋಡುವಾಗ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಈ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳೂ ನಮಗೆ ಕಾಣುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಗಾತ್ರಗಳಿಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಸೂರ್ಯ ದೊಡ್ಡವನಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತಾನೆ. ನಮ್ಮ ಮೆದುಳು ಈ ಸಾಮಾನ್ಯ ವಸ್ತುಗಳ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಸೂರ್ಯನ ಗಾತ್ರಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡುತ್ತದೆ. ಆಗ

ಈ ಸಾಮಾನ್ಯ ವಸ್ತುಗಳ ಗಾತ್ರ ಚಿಕ್ಕದಿರುವುದರಿಂದ ಸೂರ್ಯನ ಗಾತ್ರ ಅಧಿಕವಾಗಿ ತೋರುತ್ತದೆ. ಸೂರ್ಯ ನೆತ್ತಿಯ ಮೇಲಿದ್ದಾಗ ಅವನನ್ನು ನಾವು ನೋಡಲು ಊರ್ಧ್ವ ಮುಖ ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆಗ ಪೃಥ್ವಿಯ ಮೇಲಿನ ಸಾಮಾನ್ಯ ವಸ್ತುಗಳು ನಮಗೆ ಗೋಚರಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಕೇವಲ ಆಕಾಶ ಮತ್ತು ಸೂರ್ಯ ಕಾಣುತ್ತಿರುತ್ತಾರೆ. ಆಗ ಸಾಮಾನ್ಯ ವಸ್ತುಗಳ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಸೂರ್ಯನ ಗಾತ್ರ ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ತುಲನೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಹೀಗಾಗಿ ಕ್ಷಿತಿಜದ ಹತ್ತಿರ ಇರುವಾಗ ಸೂರ್ಯ ದೊಡ್ಡವನಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತಾನೆ.

ಮೇಲಿನಂತೆ ಗಾತ್ರಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಿ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಮತ್ತೊಂದರ ಗಾತ್ರಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಹೇಳುವುದು ಗಾತ್ರಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆ. ಇದೇ ರೀತಿ ಆಕಾರಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆ ಕೂಡ ಇರುತ್ತದೆ.

ಇನ್ನು ಚಲನೆಯ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆ. ಒಂದು ಕಾರು ಅಥವಾ ಗಾಡಿ, ತಾಸಿಗೆ ೩೦ ಮೈಲು ವೇಗದಿಂದ ಓಡುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ಹೇಳುವಾಗ ಈ ವೇಗ ಯಾವುದಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿರುವ ವೇಗ ಎಂದು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಿಲ್ಲ. ನಮ್ಮ ಭೂಮಿ ಸ್ಥಿರವೆಂದು ತಿಳಿದು, ಅದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಗಾಡಿಯ ವೇಗವನ್ನು ವರ್ಣಿಸುತ್ತೇವೆ. ಆದರೆ ಭೂಮಿಯು ನಿಜಕ್ಕೂ ಸ್ಥಿರವೆ ? ಇಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಗೊತ್ತಿದ್ದಂತೆ, ಭೂಮಿಯು ತನ್ನ ಮೈಸುತ್ತಲೂ ತಿರುಗುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ ದಿನ

ರಾತ್ರಿಗಳು ಆಗುತ್ತವೆ. ಅದೇ ರೀತಿ ಅದು ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತಲೂ ತಿರುಗುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಋತುಗಳು ಸಂಭವಿಸುತ್ತವೆ. ಹಾಗಾದರೆ ಸೂರ್ಯ ಸ್ಥಿರನೆ? ಅವನು ಕೂಡ ಸ್ಥಿರನಲ್ಲ. ಅವನು ಸಹ ಯಾವುದೋ ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುತ್ತಾನೆ. ಆ ನಕ್ಷತ್ರ ? ಅದೂ ಅಷ್ಟೆ, ಇನ್ನಾವುದೊ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ವಿಶ್ವದಲ್ಲೆಲ್ಲ ಚಲನೆ ಎಲ್ಲ ಕಾಯಗಳಿಗೂ ಇದ್ದೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಕಾರಣ ಯಾವುದೆ ಒಂದು ಕಾಯದ ಚಲನೆಯನ್ನು ವರ್ಣಿಸುವಲ್ಲಿ, ಯಾವ ವಿಶಿಷ್ಟ ಕಾಯವನ್ನು ಸ್ಥಿರವೆಂದು ಗ್ರಹಿಸಿ, ಆ ಚಲನೆಯನ್ನು ವರ್ಣಿಸುತ್ತೇವೆ ಎಂದು ಹೇಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆ ವಿಶಿಷ್ಟ ಕಾಯ ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಅಚಲವಿರಲಿಕ್ಕಿಲ್ಲ. ಅಚಲ ಎಂದು ಗ್ರಹಿಸುತ್ತೇವೆ ಅಷ್ಟೆ.

ಈಗ ಎರಡು ಸಮಾಂತರ ರೈಲು ಜೋಡಿಗಳ ಮೇಲೆ ಎರಡು ಗಾಡಿಗಳು ಭೂಮಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಒಂದೇ ವೇಗದಿಂದ ಒಂದೇ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿವೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯುವಾ. ಆಗ ಆ ಗಾಡಿಗಳಲ್ಲಿದ್ದ ವೀಕ್ಷಕರ ಚಲನೆಯ ಬಗೆಗಿನ ವಿಚಾರ ಸರಣಿ ಹೇಗಿರುತ್ತದೆ? ಒಂದು ಗಾಡಿಯಲ್ಲಿಯ ವೀಕ್ಷಕ ಕಿಡಕಿಯ ಮುಖಾಂತರ ಇನ್ನೊಂದು ಗಾಡಿಯನ್ನು ನೋಡಿದರೆ ಅದು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವಂತೆ ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಇನ್ನೊಂದು ಗಾಡಿಯನ್ನು ನೋಡದೆ ಮತ್ತೊಂದು ಬದಿಯಲ್ಲಿರುವ ಸಮೀಪದ ಗಿಡಗಂಟೆಗಳನ್ನು ನೋಡಿದರೆ

ಅವೆಲ್ಲ ವಿರುದ್ಧ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಓಡುತ್ತಿರುವಂತೆ ಕಾಣುತ್ತವೆ. ವೀಕ್ಷಕನು ಇನ್ನೊಂದು ಗಾಡಿಯ ಕಡೆಗೆ ನೋಡುತ್ತಿರುವಾಗ ಅದರ ವೇಗ, ತನಗೆ (ವೀಕ್ಷಕನಿಗೆ) ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ, ಶೂನ್ಯ ವಿರುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಆ ವೀಕ್ಷಕನು ತನ್ನ ಗಾಡಿ ಸ್ಥಿರವೆಂದು ತಿಳಿದು ಇನ್ನೊಂದು ಗಾಡಿಯ ವೇಗವನ್ನು ಅಳೆಯುತ್ತಿರುತ್ತಾನೆ. ಆದರೆ ಆ ಗಾಡಿ ಕೂಡ ಭೂಮಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಅದೇ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಅದೇ ವೇಗದಿಂದ ಓಡುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ, ಅದು ಕೂಡ ಸ್ಥಿರವೆಂದೇ ಅವನಿಗೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಅದೇ ವೀಕ್ಷಕನು ಇನ್ನೊಂದು ಬದಿಗಿರುವ ಸಮೀಪದ ಗಿಡಗಂಟಿಗಳನ್ನು ನೋಡುವಾಗ ಭೂಮಿ ಸ್ಥಿರವಿರುವುದರಿಂದ ಆದರ ಮೇಲಿನ ಗಿಡಗಂಟಿಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ವೀಕ್ಷಕನು ಮುಂದೆ ಮುಂದೆ ಹೋಗುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ ಗಿಡಗಂಟಿಗಳು ವಿರುದ್ಧ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಓಡುತ್ತಿರುವಂತೆ ಕಾಣುತ್ತವೆ. ವೀಕ್ಷಕನು ಮುಂದೆ ಹೋಗುವುದೆಂದರೂ ಒಂದೆ, ಆ ಗಿಡಗಂಟಿಗಳು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಹೋಗುವುದೆಂದರೂ ಒಂದೆ.

ಈಗ ಒಂದು ಗಾಡಿಯಲ್ಲಿಯ ವೀಕ್ಷಕ ದೂರದ ಬೆಟ್ಟ ಗಿಡಗಂಟಿಗಳನ್ನು ನೋಡುತ್ತಾನೆಂದು ತಿಳಿಯೋಣ ಆಗ ಅವು ಕೂಡ ವಿರುದ್ಧ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಓಡಿದಂತೆ ಕಾಣುವವೆ? ಇಲ್ಲ. ಆಗ ವೀಕ್ಷಕನು ಆ ದೂರದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ನೋಡುವಾಗ 'ಸ್ಥಿರ' ಭೂಮಿ ಅವನ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಆ 'ಸ್ಥಿರ' ಭೂಮಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಂತೆ ದೂರದ ಬೆಟ್ಟ ಗಿಡಗಂಟಿಗಳು

ಸ್ಥಿರವಾಗಿಯೇ ತೋರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಚಲನೆ ಕೂಡ ಸಾಪೇಕ್ಷವೆಂಬುದು ಖಚಿತ. ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ಯಾವುದೊಂದು ಕಾಯ ಸ್ಥಿರವೆಂದು ತೋರಬಹುದು ಆದರೆ ಮತ್ತೊಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಂತೆ ಅದು ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರಬಹುದು.

೨. ಕಾಲದ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆ

(Relativity of Time)

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ನನ ಪೂರ್ವದ ವಿಚಾರಗಳು: ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿದ ಗಾತ್ರ-ಸಾಪೇಕ್ಷತೆ, ಚಲನೆ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆ ಪೂರ್ವಕಾಲದಿಂದಲೂ ತಿಳಿದ ವಿಷಯಗಳು. ನ್ಯೂಟನ್, ಗೆಲಿಲಿಯೊ ಮತ್ತಿತರ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಇವನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಿದವರಾಗಿದ್ದರು. ಆದರೆ ಕಾಲ ಕೂಡ ಸಾಪೇಕ್ಷವಿರಬಲ್ಲುದು ಎಂದು ಅವರ ಕನಸು ಮನಸುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರಲಿಲ್ಲ. ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಕರಿಗೆ ಅದು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಇರುವುದು ಸಾಧ್ಯ ಎಂಬುದು ಕಲ್ಪನಾತೀತವಾಗಿತ್ತು. ನ್ಯೂಟನ್ನನಂತಹ ಮಹಾ ಮೇಧಾವಿಗೆ ಕೂಡ ಕಾಲವು ಸಾಪೇಕ್ಷವಿರಬಹುದೆಂದು ಸಂಶಯ ಬಂದಿರಲಿಲ್ಲವೆಂದೇ ಹೇಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಏಕೆಂದರೆ, ಕಾಲದ ಬಗ್ಗೆ ಅವನ ವಿಚಾರ ಹೀಗೆ ಇತ್ತು: ಕಾಲವು ವಿಶ್ವರೂಪಿ (Universal)ಯಾಗಿದ್ದು, ಅದು ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಒಂದೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಅದು ಅನವರತ ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಚಾರವನ್ನು ಗಣಿತೀಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಆಗಿದ್ದ ಗ್ಯಾಲಿಲಿಯನ್ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸೂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಸಮರೂಪಿ, ಸರಳರೇಖೀಯ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ಚೌಕಟ್ಟು (frames of reference) ಗಳ ನಡುವೆ ಈ ಮುಂದಿನ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸೂತ್ರಗಳಿದ್ದವು.

$$x' = x - vt$$
$$y' = y,$$
$$z' = z$$
$$t' = t.$$

ಅಂದರೆ, ಒಂದು ಚೌಕಟ್ಟಿನಿಂದ ಇನ್ನೊಂದಕ್ಕೆ ಹೋಗಬೇಕಾದರೆ ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾಗಿತ್ತು. ಇಲ್ಲಿ ಸದ್ಯ ನಮಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದುದು $t'=t$ ಈ ಸಮೀಕರಣ. ಎರಡೂ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಲ ಒಂದೇ ಎಂದು ಇದು ಸಾರುತ್ತದೆ.

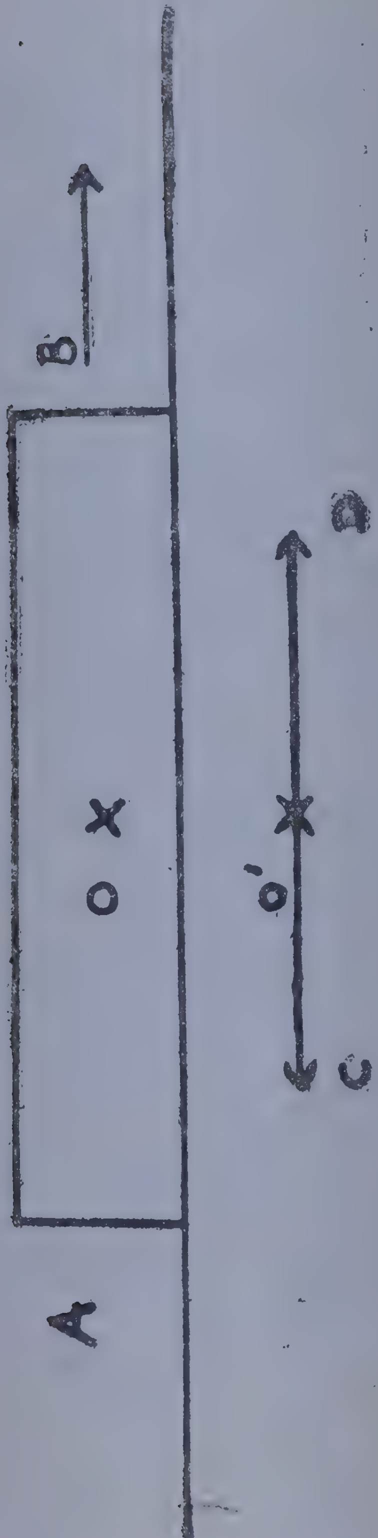
ಹೀಗಾಗಿ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದದ ಮುನ್ನ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಲದ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯ ಸಂಭವವೇ ಇರಲಿಲ್ಲ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ನನ ವಿಚಾರ: ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ನನು ಕಾಲ ಮತ್ತು ಅವಕಾಶಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಆಳವಾಗಿ, ದೀರ್ಘವಾಗಿ ವಿಚಾರ

ಮಾಡಿದನು. ಈ ಗಹನ ವಿಚಾರದ ಪರಿಣಾಮವೇ ಕಾಲದ ಬಗ್ಗೆ ಅವನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ನೂತನ ಪರಿಕಲ್ಪನೆ. ಕಾಲ ಕೂಡ ಚಲನೆಯಂತೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಅವನು ಘೋಷಿಸಿದ್ದಲ್ಲದೆ ಕಾಲ, ಅವಕಾಶದೊಡನೆ ಅತ್ಯಂತ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಸಿದ್ಧಮಾಡಿ ತೋರಿಸಿದನು. ಹೀಗೆ ಸಿದ್ಧಮಾಡಿ ತೋರಿಸುವಲ್ಲಿ ಅವನು ಅವಕಾಶ ಕಾಲವೆಂಬ ಇನ್ನೊಂದು ಹೊಸ ಪರಿಮಾಣವನ್ನೇ ಸೃಜಿಸಿದನು. ಇದಕ್ಕೆ ಇಂಗ್ಲೀಷಿನಲ್ಲಿ Space-Time ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ನಾವು ಮುಂದೆ ನೋಡುವಂತೆ ಈ ಹೊಸ ಪರಿಮಾಣ ಅವಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲಗಳೆರಡರಿಂದಲೂ ಬಿಡಿಸಲು ಬಾರದಂತೆ ಹೆಣೆಯಲ್ಪಟ್ಟ ಪರಿಮಾಣ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ನನ ಈ ಹೊಸ ವಿಚಾರ ವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ವಿಚಾರ ಕ್ರಾಂತಿಯನ್ನೇ ಎಬ್ಬಿಸಿತು. ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಮೂಗು ಮುರಿದರು, ಕಣ್ಣು ಕೆರಳಿಸಿದರು; ವಿಚಾರವಂತರು ಹೊಸ ವಿಚಾರವನ್ನು ಚರ್ಚಿಸಿ ತಮತಮಗೆ ತಿಳಿದಂತೆ ತೀರ್ಮಾನಗಳಿಗೆ ಬಂದರು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ನನನ್ನು ಹೊಗಳಿದವರು ಕೆಲವರು, ತೆಗಳಿದವರು ಅನೇಕರು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ನನ ಈ ಹೊಸ ವಿಚಾರವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಅವನೇ ಹೇಳಿದ ಒಂದು ಸರಳ ಕಾಲ್ಪನಿಕ ಪ್ರಯೋಗದ ದೃಷ್ಟಾಂತವನ್ನು ವಿವೇಚಿಸಿದರೆ ಅನುಕೂಲ. ಒಂದೇ ಸರಳ, ಉದ್ದ ಡಬ್ಬಿಯುಳ್ಳ ಗಾಡಿಯೊಂದು ಸರಳ



ಚಿತ್ರ ೧

ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ವೇಗದಿಂದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತವಿಲ್ಲದೆ ಹೊರಟಿದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯುವಾ. ಚಿತ್ರ ೧ ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದ AB ಯೇ ಆ ಗಾಡಿ. ಅದು ಎಡದಿಂದ ಬಲಕ್ಕೆ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಗಾಡಿಯಲ್ಲಿ ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ AB ಯ ಮಧ್ಯಬಿಂದು O ವಿನಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬ ವೀಕ್ಷಕನಿದ್ದಾನೆಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ನಿಲ್ದಾಣದಮೇಲೆ O′ ವೀಕ್ಷಕನಿದ್ದಾನೆ. O ಮತ್ತು O′ ಸಂಪಾತವಾದ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಗಾಡಿಯ ಒಳಗೂ (O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ) ನಿಲ್ದಾಣದಲ್ಲಿಯ ಹಳಿಗಳಿಗೂ (O′ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ) ಒಂದು ಸಿಡಿಲು ಬಡಿಯುತ್ತದೆಂದು ಕಲ್ಪಿಸೋಣ. ಆಗ ಮಿಂಚಿನ ಪ್ರಕಾಶ ಎಲ್ಲ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪಸರಿಸತೊಡಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕೇವಲ ನೇರವಾದ ದಿಶೆ O′C ಮತ್ತು O′D ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಪ್ರಕಾಶದ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಲೆಕ್ಕಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಗಾಡಿಯಲ್ಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಕನ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ, OA ಮತ್ತು OB ದಿಶೆಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಅಲೆಗಳು A ಮತ್ತು B ಗೋಡೆಗಳನ್ನು ಏಕಕಾಲಕ್ಕೆ ತಲ್ಪುತ್ತವೆ. ಏಕೆಂದರೆ, O, AB ಯ ಮಧ್ಯಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿದ್ದಾನೆ ಮತ್ತು ಸಿಡಿಲು O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಬಡಿದಿದೆ. ಇಲ್ಲಿ ವಿರುದ್ಧ ದಿಶೆಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಪ್ರಕಾಶದ ಅಲೆಗಳು ಒಂದೇ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿವೆ ಎಂದು ಗ್ರಹಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅಂದರೆ O ವೀಕ್ಷಕನ ಪ್ರಕಾರ ಪ್ರಕಾಶದ ಅಲೆಗಳು A, B ಗೋಡೆಗಳನ್ನು ತಲುಪುವ ಘಟನೆಗಳು ಏಕಕಾಲಕ್ಕೆ ಸಂಭವಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ನಿಲ್ದಾಣದ ಮೇಲೆ ನಿಂತ ವೀಕ್ಷಕ O′ನ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಈ ಘಟನೆಗಳು

ಏಕಕಾಲಕ್ಕೆ ಸಂಭವಿಸುವುದಿಲ್ಲ. O′ ವೀಕ್ಷಕನಿಗೆ A ಗೋಡೆ ತನ್ನ ಕಡೆಗೆ ಬರುತ್ತಿರುವುದು ಕಾಣುತ್ತದೆ ಮತ್ತು B ಗೋಡೆ ಅವನಿಂದ ದೂರ ಹೋಗುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ O′C ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಹೊರಟ ಪ್ರಕಾಶದ ಅಲೆ A ಗೋಡೆಯನ್ನು O′D ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಹೊರಟ ಪ್ರಕಾಶದ ಅಲೆ B ಗೋಡೆಯನ್ನು ತಲ್ಪುವ ಮುನ್ನ ತಲ್ಪುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಒಂದನೆಯ ಸಂದರ್ಭ ದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶದ ಅಲೆಗಳು ತನ್ನೆಡೆಗೆ ಬರುತ್ತಿರುವ ಗೋಡೆಯ ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ ಎರಡನೆಯ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶದ ಅಲೆಗಳಿಂದ B ಗೋಡೆ ದೂರ ಓಡುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ O′ನ ಪ್ರಕಾರ ಅಲೆಗಳು A, B ಗೋಡೆಗಳನ್ನು ಏಕಕಾಲಕ್ಕೆ ತಲ್ಪುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಕ್ಷಣ ನಮ್ಮ ಗಾಡಿ ಪ್ರಕಾಶದ ವೇಗ ದಿಂದಲೇ ಓಡುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ಕಲ್ಪಿಸಿದರೆ A ಗೋಡೆಗೆ ಪ್ರಕಾಶದ ಅಲೆಗಳು ಒಮ್ಮೆಲೆ ತಲ್ಪುತ್ತವೆ ಮತ್ತು B ಗೋಡೆಗೆ ಅವು ಎಂದೂ ತಲ್ಪುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಅದು ಪ್ರಕಾಶದ ಅಲೆಗಳಿಂದ ಅವುಗಳ ವೇಗದಿಂದಲೇ ಓಡಿ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳು ತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಬ್ಬ ವೀಕ್ಷಕನಿಗೆ ಏಕಕಾಲಕ್ಕೆ ಸಂಭವಿಸುವ ಘಟನೆಗಳು ಇನ್ನೊಬ್ಬನ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಏಕ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಸಂಭವಿಸುವ ಘಟನೆಗಳಾಗಲಿಕ್ಕಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ ಒಬ್ಬನ ಏಕಕಾಲತ್ವ ಇನ್ನೊಬ್ಬನದಾಗಲಿಕ್ಕಿಲ್ಲ.

ಈ ಮೇಲಿನ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನೇ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಕೂಲಂಕಷವಾಗಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸೋಣ. ಗಾಡಿಯಲ್ಲಿ T ಗಡಿಯಾರ

ಮತ್ತು ನಿಲ್ದಾಣದ ಮೇಲೆ T′ ಗಡಿಯಾರ ಇರುತ್ತವೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. T ಮತ್ತು T′ ಸಂಪಾತವಾದ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಅವೆರಡೂ ಗಡಿಯಾರಗಳು ಒಂದೇ ವೇಳೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದು ಗ್ರಹಿಸೋಣ. ಆಮೇಲೆ ಕೂಡ ಅವೆರಡೂ ಒಂದೇ ವೇಳೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ ಅವೆರಡೂ ಗಡಿಯಾರಗಳು ಒಂದೇ ದರದಿಂದ ಕಾರ್ಯ ಮಾಡುತ್ತಿವೆ ಎನ್ನಬಹುದು. ಆದರೆ, ಸ್ವಲ್ಪ ಸಮಯದ ಅನಂತರ T ಮತ್ತು T′ ಗಳ ನಡುವೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಅಂತರವಾಗುತ್ತದೆ. ಮೇಲೆ ನೋಡಿದಂತೆ ಎರಡೂ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿ (ಗಾಡಿ ಮತ್ತು ನಿಲ್ದಾಣ) ಆಗ ಏಕಕಾಲತ್ವ ಒಂದೇ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ T ಮತ್ತು T′ ಗಡಿಯಾರಗಳ ಮೇಲೆ ಗಡಿಯಾರದ ಮುಳ್ಳುಗಳು ಅದೇ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಏಕಕಾಲಕ್ಕೆ ಆಕ್ರಮಿಸಿರುವುದು ಕಂಡು ಬರುವುದಿಲ್ಲ. ಬೇರೆ ಶಬ್ದಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ T ಮತ್ತು T′ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಗ್ಯಾಲಿಲಿಯನ್ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸೂತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯ $t'=t$ ಈ ಸಮೀಕರಣ ಈಗ ಸರಿಯಲ್ಲವೆಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ.

೩. ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದ
(Special Theory of Relativity)

ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ತತ್ತ್ವ : ಈ ಮೊದಲು ಹೇಳಿದ ಗಾತ್ರ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆ, ಚಲನೆ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆ, ಅಷ್ಟೇ ಏಕೆ ಕಾಲ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆ

ಕೂಡ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ನನ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದವಲ್ಲ. ಅವು ಗಾತ್ರಗಳಲ್ಲಿ, ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಇರಬಹುದಾದ ಸಾಪೇಕ್ಷತತೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ. ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಹೀಗೆ ಹೇಳಬಹುದು : ಸಮರೂಪಿ, ರೇಖೀಯ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲ ವೀಕ್ಷಕರಿಗೂ ಭೌತಿಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳು ಒಂದೇ ಇರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ ಯಾವುದೊಂದು ಘಟನೆ ಒಂದ ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸಿತೆಂದರೆ ಆ ಚೌಕಟ್ಟಿಗೆ ಸಮರೂಪಿ, ರೇಖೀಯ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿದ್ದ ಇನ್ನೊಂದು ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಆ ಘಟನೆ ಮೊದಲಿನ ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಕಂಡಂತೆಯೇ ಕಾಣಬೇಕು. ಗಣಿತೀಯವಾಗಿ ಇದನ್ನೇ ಹೀಗೆ ಹೇಳಬಹುದು : ಒಂದು ಚೌಕಟ್ಟು S ದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸಿದ ಘಟನೆಯನ್ನು ಯಾವುದೋ ಒಂದು ಗಣಿತೀಯ ಸೂತ್ರದಿಂದ ನಿವೇದಿಸುತ್ತೇವೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. S ಚೌಕಟ್ಟಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಸಮರೂಪಿ ರೇಖೀಯ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ S′ ಚೌಕಟ್ಟಿನ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಆ ಘಟನೆಯನ್ನು ವರ್ಣಿಸಿದರೆ ಆ ವರ್ಣನೆಯ ಗಣಿತೀಯ ರೂಪ S–ದಲ್ಲಿರುವ ಗಣಿತೀಯ ರೂಪದಂತೆಯೇ ಇರಬೇಕು. ಬೇರೆ ಶಬ್ದಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದೇಶಾಂಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ಇನ್ನೊಂದಕ್ಕೆ ಹೋಗುವಲ್ಲಿ ಘಟನೆಯ ಗಣಿತೀಯ ರೂಪ ಬದಲಾಗಬಾರದು. ಹೀಗೆ ಆಗಬೇಕಾದರೆ $t'=t$ ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣವನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಗ್ಯಾಲಿಲಿಯನ್ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ಕೈಬಿಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆಂಬುದು ಈ ಮೊದಲಿನ ವಿವೇಚನೆಯಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟವಿದೆ. ಹೊಸ ಪರಿವರ್ತನಾ

ಸೂತ್ರಗಳೇ ಬೇಕು. ಇವುಗಳನ್ನು ಈ ಮುಂದೆ ವಿವೇಚಿಸ ಲಾಗುವುದು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದದ ತಳಹದಿ ಗ್ರಹಿಕೆಗಳು :

ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದದ ತಳಹದಿಯಂತಿರುವ ಮೂಲ ಗ್ರಹಿಕೆಗಳು ಇಂತಿವೆ :

(i) ಒಂದೇ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಸಮರೂಪಿ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರಕಾಶದ ವೇಗ ಸ್ಥಿರವಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದು ಸಮದೈಶಿಕ (Isotropic) ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

(ii) ಪ್ರಕಾಶದ ವೇಗ ಆ ಪ್ರಕಾಶವನ್ನು ಕೊಡುವ ಆಕರದ ಚಲನೆಯನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್–ಲಾರೆಂಟ್ಸ್ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸೂತ್ರಗಳು : ಸಮರೂಪಿ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಹೊಸ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ಪ್ರಪ್ರಥಮವಾಗಿ ಕೊಟ್ಟವರು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮತ್ತು ಲಾರೆಂಟ್ಸ್‌ರು. ಆದುದರಿಂದ ಈ ಸೂತ್ರಗಳಿಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್–ಲಾರೆಂಟ್ಸ್ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸೂತ್ರಗಳೆಂದು ಹೆಸರು.

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಗ್ರಹಿಕೆಗಳಲ್ಲದೆ, ಈ ಕೆಳಗಿನ ಗ್ರಹಿಕೆಗಳನ್ನು ಕೂಡ ಈ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ನಿಷ್ಪತ್ತಿಸುವಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ : (i) ಪರಿವರ್ತನಾ ಸೂತ್ರಗಳು

ಅವಕಾಶದ ಸಜಾತೀಯತ್ವ (homogeneity) ವನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಂಡು ಹೋಗುತ್ತವೆ. (ii) ಕಾಲ ಮತ್ತು ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ಬಿಂದುಗಳೂ ಸರಿಸಮಾನವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸೂತ್ರಗಳು ರೇಖೀಯ ಸಮೀಕರಣಗಳಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ.

S ಮತ್ತು S′ ಎಂಬ ಎರಡು ಸಮರೂಪಿ ರೇಖೀಯ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳ ನಡುವೆ V ಸಾಪೇಕ್ಷ ವೇಗವಿದೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ಕಾಲ ಶೂನ್ಯವಿರುವಾಗ S ಹಾಗೂ S′ ಇವುಗಳ ಮೂಲ ಬಿಂದು ಒಂದೇ ಇರಲಿ. S′ ಚೌಕಟ್ಟು S ಚೌಕಟ್ಟಿನ x ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಸಮಾಂತರವಾಗಿ ಸಮರೂಪಿ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯೋಣ; ಅಂದರೆ S′ ನಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರವೆಂದು ಗಣಿಸಲ್ಪಡುವ ಬಿಂದುಗಳು S ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಲೆಕ್ಕಿಸಿದಾಗ V ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಿ,

$$x' = \propto (x - vt) \quad \text{......................(1)}$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಬರೆಯಬಹುದು. ಇಲ್ಲಿ $\propto$ ಸ್ಥಿರಾಂಕ. ಈ ಸಮೀಕರಣ ಗ್ಯಾಲಿಲಿಯನ್ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸೂತ್ರಗಳ ಮೊದಲನೆಯ ಸಮೀಕರಣವೇ ಆಗಿದೆ. ಕೇವಲ $\propto$ ಇಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಅಂಶ.

ಎಡಬಲಗಳ ಸಮಾನತೆಯನ್ನನುಲಕ್ಷಿಸಿ X, Y ಅಕ್ಷಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಲಂಬವಾಗಿರುವುವಲ್ಲದೆ X ಅಕ್ಷ Y′

ಅಕ್ಷಕ್ಕೂ Y ಅಕ್ಷ X′ ಅಕ್ಷಕ್ಕೂ ಲಂಬವಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯು ತ್ತವೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯುಬಹುದು. ಇದಲ್ಲದೆ ಚಲನೆಯ ದಿಶೆಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಉದ್ದಳತೆಗಳು (ವೀಕ್ಷಕರು ಅಳೆದರೆ) ಚಲಿಸುವಾಗ ಬದಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂದು ಗ್ರಹಿಸಿ

$$y' = y,\ z' = z \text{ ....(2)}$$

ಎಂದು ಬರೆಯುಬಹುದು, ಕಾಲಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಮೀಕರಣ ವನ್ನು $t' = \beta t + rx$ ....(3)

ಎಂದು ಬರೆಯುಬಹುದು; ಏಕೆಂದರೆ t' ಇದು t ಯ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದಲ್ಲದೆ x, y, z, ಇವುಗಳ ಮೇಲೂ ಅವ ಲಂಬಿಸಿರಬೇಕು. ಆದರೆ ಸದ್ಯ ಅದು y, z ಗಳ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿಲ್ಲವೆಂದು ಗ್ರಹಿಸೋಣ.

ಕಾಲ $t=0$ ಇದ್ದಾಗ, ಅಂದರೆ S ಮತ್ತು S′ ಮೂಲ ಬಿಂದುಗಳ ಸಂಪಾತವಾದಾಗ ಒಂದು ಸಿಡಿಲು ಆ ಬಿಂದುವಿ ನಲ್ಲಿ ಬಡಿಯಲಿ. ಪ್ರಕಾಶದ ಗೋಲಾಕೃತಿಯ ಅಲೆಗಳು ಎಲ್ಲ ದಿಶೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸತೊಡಗುತ್ತವೆ. S ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ:

$$x^2 + y^2 + z^2 = c^2\ t^2 \text{ .... (4)}$$

ಎಂದೂ S′ ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ

$$x'^2 + y'^2 + z'^2 = c^2\ t'^2 \text{ ....(5)}$$

ಎಂದೂ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಬರೆಯುಬಹುದು. ಇಲ್ಲಿ c, ಪ್ರಕಾಶದ ವೇಗ.

ಸಮೀಕರಣ 1 ರಿಂದ 5 ಇವುಗಳನ್ನು ಬಿಡಿಸಿದರೆ,

$$\alpha = \beta = \frac{1}{(1-v^2/c^2)^{\frac{1}{2}}} \quad \text{-------------} (6)$$

$$r = -\beta v/c^2 \quad \text{-------------} (7)$$

ಎಂದು ಕಂಡು ಬರುವುದು. α, β, r ಸ್ಥಿರಾಂಕಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಆಯಾ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ತುಂಬಿದರೆ:

$$\left. \begin{array}{ll} x' = \frac{x-vt}{(1-v^2/c^2)^{\frac{1}{2}}}, & y'=y, \quad z'=z \\ t' = \frac{t-vx/c^2}{(1-v^2/c^2)^{\frac{1}{2}}} & \end{array} \right\} \text{--------} (8)$$

ಎಂಬ ಸೂತ್ರಗಳು ಸಿದ್ಧವಾಗುತ್ತವೆ. ಇವೇ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್–ಲಾರೆಂಝ್ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸೂತ್ರಗಳು.

ಈಗ ಈ ಹೊಸ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸೂತ್ರಗಳಿಗೂ ಹಳೆಯ ಗ್ಯಾಲಿಲಿಯನ್ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸೂತ್ರಗಳಿಗೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ನೋಡಬಹುದು. ಸಮೀಕರಣ ಗುಂಪು 8 ರಲ್ಲಿಯ ಒಂದನೆಯ ಸೂತ್ರ ಹಾಗೂ ಕೊನೆಯ ಸೂತ್ರ ಇವೆರಡೂ ಗ್ಯಾಲಿಲಿಯನ್ ಸೂತ್ರಗಳಿಗಿಂತ ಭಿನ್ನವಾಗಿವೆ. ಹಳೆಯ ಸೂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದನೆಯದು $x' = x - vt$ ಎಂದು ಮಾತ್ರವಿತ್ತು. ಈಗ ಛೇದದಲ್ಲಿ $\sqrt{1-v^2/c^2}$ ಎಂಬುದು ಹೊಸದಾಗಿ ಬಂದಿರುತ್ತದೆ. ಕೊನೆಯ ಸೂತ್ರ ಮೊದಲು $t'=t$ ಎಂದಿತ್ತು. t'ದ ಹೊಸ ಸೂತ್ರ t' ಇದು t, v, x, c ಈ ಎಲ್ಲ ಪರಿಮಾಣಗಳ ಮೇಲೂ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆಂಬು

ದನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಎರಡೂ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಲ ಒಂದೇ ಅಲ್ಲ ಎಂದು ಗಣಿತ ಸಿದ್ಧವಾಯಿತು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್–ಲಾರೆಂಝ್ ಸೂತ್ರಗಳ ಸಂಪ್ರಯೋಗಗಳು : (i) ಇನ್ನು ಈ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್–ಲಾರೆಂಝ್ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸೂತ್ರಗಳ ಸಂಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ವಿವೇಚಿಸುವಾ. ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದದ ಪೂರ್ವದ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಎರಡು ವೇಗಗಳ ಸಂಕಲನ ನೇರವಾಗಿ ದೊರೆಯುತ್ತಿತ್ತು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಒಂದು ನದಿಯ ಮೇಲೆ ಡೋಣಿ ಹೊರಟದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ನದಿಯಪ್ರವಾಹದ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಡೋಣಿ ಹೋಗುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಭೂಮಿಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಡೋಣಿಯ ನಿಜವಾದ ವೇಗ ಅದರ ವೈಯಕ್ತಿಕ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಇರುತ್ತದೆ. ನಿಶ್ಚಲ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಡೋಣಿಯ ವೇಗ v ಎಂದಿದ್ದರೆ ಮತ್ತು ಪ್ರವಾಹದ ವೇಗ u ಎಂದಾದರೆ ಪ್ರವಾಹದ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಹೊರಟ ಡೋಣಿಯ ವೇಗ(v+u)ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಡೋಣಿಯು ಪ್ರವಾಹದ ವಿರುದ್ಧ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಹೊರಟಿದ್ದರೆ ಅದರ ನಿಜವಾದ ವೇಗ v–u ಎಂದಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ಆದರೆ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದದ ಪ್ರಕಾರ ಮೇಲಿನಂತೆ ಈ ವೇಗಗಳ ಬೀಜಗಣಿತೀಯ ಸಂಕಲನದಿಂದ ನಿಜವಾದ ವೇಗ ದೊರೆಯುವುದಿಲ್ಲ. s–ಚೌಕಟ್ಟಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ u ಮತ್ತು v ನೇರವಾಗಿ ಸರಳ ರೇಖೆಗಳಲ್ಲಿರುವ ವೇಗಗಳಿದ್ದರೆ ಅವುಗಳ ಫಲಿತ ವೇಗ u′ (s′– ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿಯ ವೇಗ) ಈ ಕೆಳಗಿನ ಸೂತ್ರದಿಂದ ದೊರೆಯುತ್ತದೆಂದು ಸಿದ್ಧ ಮಾಡಲು ಬರುತ್ತದೆ :

$$u' = \frac{u+v}{1+uv/c^2}$$

ಇಲ್ಲಿ c ಪ್ರಕಾಶದ ವೇಗ

ಈಗ $u = c = v$ ಎಂದಿರಲಿ; ಆಗ

$$u' = \frac{c+c}{1+c.c/c^2} = \frac{2c}{2} = c$$

ಈಗ ಪುನಃ $u = 2c = v$ ಎಂದಿದ್ದರೆ,

$$u' = \frac{2c+2c}{1+4c^2/c^2} = \frac{4}{5}c$$

ಇದರಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗುವುದೆಂದರೆ ಒಂದು ಚೌಕಟ್ಟಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಎರಡು ವೇಗಗಳು c ಅಥವಾ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಅಧಿಕವಿದ್ದರೂ ಸಹ ಮತ್ತೊಂದು ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಸಂಕಲನ c ಯನ್ನು ಮಿಕ್ಕುವುದಿಲ್ಲ. ಹೀಗಾಗಿ c ಯೇ ವೇಗದ ಮಿತಿಯೆಂದು ಇದರಿಂದ ಭಾವನೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈ ಸಂಗತಿ ನಿಜವಾದರೂ ಅದನ್ನು ಈ ರೀತಿ ಸಿದ್ಧ ಮಾಡುವುದು ಸರಿಯಲ್ಲ. ಬೇರೆ ರೀತಿಯಾಗಿ ವಾದಿಸಿ ಇದನ್ನು ತೋರಿಸಲು ಬರುತ್ತದೆ. ಮುಂದಿನ ಕೆಲವು ಪುಟಗಳಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಗುವುದು.

(ii) ಕಾಲ-ವಿಸ್ತಾರಣ (Time-dilation) : ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್-ಲಾರೆಂಝ್ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸೂತ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಲ ಮತ್ತು ಅವಕಾಶ ಇವುಗಳ ಅಳತೆಗಳು ಹೇಗೆ ಬದಲಾಗುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನೋಡ

ಬಹುದು. S– ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ (x_1, y_1, z_1) ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗಡಿಯಾರವಿರುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯುವಾ. ಅದು ಯಾವುದೊಂದು ಕ್ಷಣಕ್ಕೆ ವೇಳೆಯನ್ನು t ಎಂದು ತೋರಿಸುತ್ತಿರಲಿ ಆಗ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿದ್ದ S′–ಚೌಕಟ್ಟಿನ ವೀಕ್ಷಕನಿಗೆ ಇದು ಹೇಗೆ ತೋರುವುದು ? ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್–ಲಾರೆಂಝ್ ಪರಿವರ್ತನಾ–ಸೂತ್ರಗಳ ಪೈಕಿ ಒಂದನೆಯದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ

$$t' = \frac{t - vx_1/c^2}{(1 - v^2/c^2)^{\frac{1}{2}}}$$

ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ

$$(t'_2 - t'_1) = (t_2 - t_1) / (1 - v^2/c^2)^{\frac{1}{2}}$$

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ v ಯಾವಾಗಲೂ c ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಇರುವುದರಿಂದ $(1 - v^2/c^2)$ ಇದು 1 ಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಕಾರಣ $(t'_2 - t'_1)$ ಇದು $(t_2 - t_1)$ ಇದಕ್ಕಿಂತ ದೊಡ್ಡದಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ S′– ವೀಕ್ಷಕನ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ $(t_2 - t_1)$ ಅವಧಿ ಅದು ನಿಜವಾಗಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಅಧಿಕವಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಕಾಲ ವಿಸ್ತಾರಣ(time dilation). ಬೇರೆ ಶಬ್ದಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ S′– ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿಯ ವೀಕ್ಷಕನಿಗೆ S ಚೌಕಟ್ಟಿನ ಗಡಿಯಾರ ನಿಧಾನವಾಗಿ ನಡೆದಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಈ ರೀತಿ ಮನಗಾಣಬಹುದು : $(t_2 - t_1)$ ಈ ಅವಧಿ S– ವೀಕ್ಷಕನು ಅಳೆಯುವ ಅವಧಿ.

ಇದಕ್ಕೆ 'ಸರಿ ಅವಧಿ' ಅಥವಾ 'ಯೋಗ್ಯ ಅವಧಿ' ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಆ ವೀಕ್ಷಕನು S– ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿಯ ಗಡಿಯಾರಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ನಿಶ್ಚಲನಿರುತ್ತಾನೆ. ಈಗ S– ವೀಕ್ಷಕನ ಗಡಿಯಾರದ ಪೆಂಡುಲಮ್ ಒಂದೆಡೆಯಿಂದ ಮತ್ತೊಂದೆಡೆಗೆ ಹೋಗಿ ತಿರುಗಿ ಬರಲು ಬೇಕಾಗುವ ಸಮಯವನ್ನು ($t'_2 - t'_1$) ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸುತ್ತಾನೆ. ಈ ಅವಧಿ ಸರಿ ಅವಧಿ ($t_2 - t_1$) ಗಿಂತ ಅಧಿಕವಿರುವುದರಿಂದ ಪೆಂಡುಲಮ್ ಒಂದು ಆಂದೋಲನವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸಲು ನಿಜವಾದ ಅವಧಿಗಿಂತ ಅಧಿಕ ಸಮಯ ತೆಗೆದುಕೊಂಡಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ S– ವೀಕ್ಷಕನ ಗಡಿಯಾರ ತನ್ನ ಗಡಿಯಾರಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ನಿಧಾನವಾಗಿ ನಡೆದಂತೆ ಎನಿಸುತ್ತದೆ. ಇದೇ ತರಹ S– ವೀಕ್ಷಕನ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ S′ ವೀಕ್ಷಕನ ಗಡಿಯಾರ ನಿಧಾನವಾಗಿ ನಡೆದಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ.

ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದದ ಈ ಮೇಲಿನ ಫಲಿತ ಕೆಲವೊಂದು ಮೋಜಿನ ಸಂಗತಿಗಳಿಗೆ ಎಡೆಗೊಡುತ್ತದೆ; ಉದಾಹರಣೆಗೆ A,B ಎಂಬಿಬ್ಬ ಅವಳಿ–ಜವಳಿ ಮಕ್ಕಳು ಇದ್ದಾರೆಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ಅವರಲ್ಲೊಬ್ಬ (B) ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವಿಲ್ಲದ ಸಮರೂಪಿ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಗಾಡಿಯೊಂದರ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಸರಳ ರೇಲ್ವೆ ಮಾರ್ಗದ ಗುಂಟ ಪ್ರಯಾಣ ಬೆಳೆಸುವನು. ಆಗ A ಗೆ B ಯ ಗಡಿಯಾರ ನಿಧಾನವಾಗಿ ನಡೆದಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ಈಗ ಸಾಮಾನ್ಯ ಗಡಿಯಾರದ

ಬದಲು ಮನುಷ್ಯನ ಹೃದಯವನ್ನೇ ಒಂದು ಗಡಿಯಾರವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು. ಆಗ B ಯ ಹೃದಯದ ಬಡಿತಗಳು A ಗೆ ನಿಧಾನವಾಗಿ ನಡೆದಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ B ಎಷ್ಟೋ ಕಾಲ ಇದೇ ತರಹದ ಪ್ರಯಾಣದಲ್ಲಿದ್ದರೆ A ನ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ B ಯ ಹೃದಯ, ತನ್ನ ಹೃದಯಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡಿದಂತೆ ತೋರುವುದರಿಂದ ಅವನಿಗೆ B ತನಗಿಂತ ಚಿಕ್ಕವನಾಗಿ ಕಾಣುವನು. ಆಗ B ಯು ಹಿಂದಿರುಗಿ A ಇದ್ದಲ್ಲಿಗೆ ಬಂದರೆ A ಗೆ B ಬಹಳ ಚಿಕ್ಕವನಾಗಿ ಕಾಣಬಹುದು. ತಾನಾದರೊ ಮುದುಕನಾಗಿ ಮೊಮ್ಮಕ್ಕಳನ್ನು ಪಡೆದಿರಬಹುದು ! ಆದರೆ ಇದೇ ರೀತಿ B ಗೆ A ಚಿಕ್ಕವನಾಗಿ ತೋರಬಹುದಲ್ಲವೆ ? ಏಕೆಂದರೆ B ಗೆ; A ನ ಹೃದಯದ ಬಡಿತಗಳು ನಿಧಾನವಾದಂತೆ ತೋರುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಈ ವಿಚಿತ್ರ ಸಂಗತಿ ವಾಸ್ತವಿಕವಾಗಿ ಸಂಭವಿಸಲಾರದು. ಏಕೆಂದರೆ ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲು ಈ ತರಹದ ಎದ್ದು ತೋರುವ ಪರಿಣಾಮಗಳಾಗಬೇಕಾದರೆ ಸಾಪೇಕ್ಷ ವೇಗ ಪ್ರಕಾಶದ ವೇಗಕ್ಕೆ ಸನಿಹ ಇರಬೇಕು. ಇದು ಅಸಾಧ್ಯ. ಎರಡನೆಯದಾಗಿ 'B ಹಿಂದಿರುಗಿ ಬಂದರೆ' ಎನ್ನುವಲ್ಲಿ ಸಮರೂಪಿ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ನಾವು ಮಾತನಾಡುತ್ತಿರುವದಿಲ್ಲ. B ಯು ಹಿಂದಿರುಗಿ ಬರಬೇಕಾದರೆ ಅವನು ದಿಶೆಯನ್ನು ಬದಲು ಮಾಡಬೇಕು ಮತ್ತು ಹೀಗೆ ಮಾಡುವಲ್ಲಿ ಸಮರೂಪಿ ಸರಳರೇಖೀಯ ಚಲನೆ ಇರಲಾರದು. ಆಗ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದದ ನಿಯಮಗಳು ಅನ್ವಯಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

iii) ಉದ್ದಳತೆಗಳ ಕುಗ್ಗುವಿಕೆ : ಕಾಲದ ಬದಲಾವಣೆಯಂತೆಯೇ ಉದ್ದಳತೆಗಳೂ ಕೂಡ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಮರೂಪಿ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಕರ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಇರುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಲು ಬರುತ್ತದೆ.ಆದರೆ ಕಾಲದ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಅವಧಿ ಅಧಿಕವಾದಂತೆ ತೋರಿದರೆ ಉದ್ದಳತೆ ಕಡಿಮೆಯಾದಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರವಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕೆಂದರೆ S– ವೀಕ್ಷಕನು ಒಂದು ಸಲಾಕೆಯನ್ನು (ತನ್ನ ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ನಿಶ್ಚಲವಿರುವ ಸಲಾಕೆಯನ್ನು) ಅಳೆದು ಆದರ ಉದ್ದ L ಎಂದು ಕಂಡುಹಿಡಿದರೆ S′– ವೀಕ್ಷಕನಿಗೆ ಆ ಉದ್ದ $L\sqrt{1-v^2/c^2}$ ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಲಾರೆಂಝ್ ಪರಿವರ್ತನಾಸೂತ್ರಗಳಿಂದ ಸಿದ್ಧಮಾಡಿ ತೋರಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯ. $\sqrt{1-v^2/c^2}$ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ 1 ಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಇರುವುದರಿಂದ ಉದ್ದಳತೆ S′– ವೀಕ್ಷಕನಿಗೆ ಕುಗ್ಗಿದಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ S′– ವೀಕ್ಷಕನ ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿಯ L′ ಉದ್ದದ ಸಲಾಕೆ S– ವೀಕ್ಷಕನಿಗೆ $L'\sqrt{1-v^2/c^2}$ ಇದರಷ್ಟು ಇದ್ದುದಾಗಿ ತೋರುತ್ತದೆ.

೪. ಅವಕಾಶ ಕಾಲ
(Space time)

ಅವಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲ ಇವುಗಳ ಬಗೆಗಿನ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ನನ ಹೊಸ ವಿಚಾರಗಳು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ಬರುವ ಮುನ್ನ ಎರಡು

ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರ ಸಮರೂಪಿ ಸಾಪೇಕ್ಷ ವೇಗದಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲ ವೀಕ್ಷಕರಿಗೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆಂದೂ, ಎರಡು ಘಟನೆಗಳ ಮಧ್ಯದ ಅವಧಿಯಾದರೂ ಎಲ್ಲ ವೀಕ್ಷಕರಿಗೂ ಒಂದೇ ಇರುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯಲ್ಪಡುತ್ತಿತ್ತು. ಆದರೆ ಈಗ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್-ಲಾರೆಂಟ್ಝ್ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸೂತ್ರಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಕೇವಲ ಕಾಲದ ಅವಧಿಯಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಕೇವಲ ಅವಕಾಶದ ಅಂತರವಾಗಲಿ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಒಂದೇ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ. ಕಾಲ ಮತ್ತು ಅವಕಾಶಗಳೆರಡರ ಸಮ್ಮಿಲನದಿಂದುಂಟಾದ ಬೇರೊಂದು ಅಂಶ ಸಮರೂಪಿ. ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲ ವೀಕ್ಷಕರಿಗೂ ಒಂದೇ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಅದು ಯಾವುದೆಂದು ಹೀಗೆ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಎರಡು ಘಟನೆಗಳ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳು S- ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ (x_1, y_1, z_1, t_1) ಮತ್ತು (x_2, y_2, z_2, t_2) ಎಂದೂ ಮತ್ತು S′-ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ (x'_1, y'_1, z'_1, t'_1) ಮತ್ತು $(x'_2, y'_2, z'_2\ t'_2)$ ಎಂದೂ ಇದ್ದರೆ,

$$T^2_{12} = (t_2 - t_1)^2 - \frac{1}{c^2}\left[(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2\right]$$

ಎಂಬ ಅಂಶವನ್ನು S- ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿಯೂ

$$T'^2_{12} = (t'_2 - t'_1)^2 - \frac{1}{c^2}\left[(x'_2 - x'_1)^2 + (y'_2 - y'_1)^2 + (z'_2 - z'_1)^2\right]$$

ಎಂದು S′- ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿಯೂ ಬರೆದು ಇವುಗಳಲ್ಲಿಯ ಒಂದನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್–ಲಾರೆಂಝ್ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸೂತ್ರಗಳಿಂದ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ ನೋಡಿದರೆ ನಮಗೆ

$$T^2_{12} = T'^2_{12}$$

ಎಂಬುದು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದದ ದಿನಗಳ ಮುನ್ನ ಕೇವಲ

$$(x_2-x_1)^2 + (y_2-y_1)^2 + (z_2-z_1)^2$$
$$= (x'_2-x'_1)^2 + (y'_2-y'_1)^2 + (z'_2-z'_1)^2$$

ಎಂಬುದೂ ಹಾಗೂ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ,

$$(t'_2-t'_1)^2 = (t_2-t_1)^2$$

ಎಂಬುದೂ ಇರುತ್ತಿದ್ದವು. ಅಂದರೆ ಆಗ ಕೇವಲ ಅವಕಾಶದ ಅಂತರ ಅಥವಾ ಕಾಲದ ಅಂತರ ಇಬ್ಬರು ವೀಕ್ಷಕರಿಗೆ ಒಂದೇ ಇರುತ್ತಿತ್ತು. ಆದರೆ ಈಗ ಕಾಲ ಮತ್ತು ಅವಕಾಶ ಎರಡೂ ಸೇರಿದ ಅಂಶ ಬದಲಾಗದೆ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಅವಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬಿಡಿಸಲು ಬಾರದಂತೆ ಹೆಣೆಯಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ ಎಂದು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಹೆಣೆಯಲ್ಪಟ್ಟ ಹೊಸ ಅಂಶವೇ ಅವಕಾಶ ಕಾಲ (Space time) T^2_{12} ದಲ್ಲಿ ಅಥವಾ T'^2_{12} ದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಘಟನೆಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅವುಗಳ ನಡುವಿನ ಅವಧಿಯನ್ನು T_{12} ಅಥವಾ T'_{12} ಇದರಿಂದ ಸೂಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಅವಧಿಗೆ 'ಅವಕಾಶ–ಕಾಲ–ಅವಧಿ' ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ.

ಭೌತಿಕ ಜಗತ್ತಿನಲ್ಲೆಲ್ಲ ಘಟನೆಗಳೇ ಮಹತ್ವವಾದುವು. ಕೇವಲ ಅವಕಾಶ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ ಬಿಂದುಗಳಾಗಲಿ ಇಲ್ಲವೆ ಕೇವಲ ಕಾಲದ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳನ್ನು ಪಡೆದ ಕ್ಷಣಗಳಾಗಲಿ ನಮಗೆ ಅಷ್ಟೊಂದು ಮಹತ್ವದವಲ್ಲ. ಈಗ ಕಾಲ ಮತ್ತು ಅವಕಾಶ ಇವೆರಡರ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳನ್ನು ಪಡೆದ ಘಟನೆಗಳೇ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯ.

ಈ ಹೊಸ 'ಅವಕಾಶ-ಕಾಲ-ಅವಧಿ'ಯ ಅರ್ಥವೇನು? ಒಂದೇ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಎರಡು ಘಟನೆಗಳು ನಡೆದರೆ ಆಗ ಅವಕಾಶ-ಅಂತರ ಮಾಯವಾಗಿ, ಕೇವಲ ಕಾಲದ ಅಂತರ ಉಳಿಯುವುದು. T_{12}, ಯಾವ ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಈ ಘಟನೆಗಳು ಸಂಭವಿಸುವವೊ ಅಲ್ಲಿ ಚಲಿಸದೆ ಇರುವ ಗಡಿಯಾರವೊಂದು ತೋರಿಸುವ ವೇಳೆಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಅದಕ್ಕೆ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ 'ಸರಿಕಾಲ' ಅಥವಾ 'ಯೋಗ್ಯಕಾಲ' ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ.

ಹೊಸ ಜ್ಯಾಮಿತಿ : ಅವಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲ ಇವುಗಳ ಬಗೆಗಿನ ಹೊಸ ವಿಚಾರಗಳು ಹೊಸ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲು ಕಾರಣ ಆಗಿವೆ. ಮೂರು ಆಯಾಮೀಯ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರವನ್ನು

$$\Delta s^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2$$

ಎಂದು ಬರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಈ ಮೊದಲು ಹೇಳಿದಂತೆ ನಮಗೆ ಘಟನೆಗಳೇ ಮುಖ್ಯವಾದುದರಿಂದ ಮೇಲಿನ ತ್ರಿ-ಆಯಾ

ಮೀಯ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮೀಯ ಅವಕಾಶ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಸರಿಹೋಗುವಂತೆ ಮಾರ್ಪಡಿಸಿ ಮೊದಲು ಬರೆದವನು ಮಿಂಕೊವ್ಸ್ಕಿ.

ಈಗ ಅವಕಾಶ–ಕಾಲ–ಅವಧಿಯನ್ನು

$$T_{12}^2 = (t_2-t_1)^2 - \frac{1}{c^2}\left[(x_2-x_1)^2 + (y_2-y_1)^2 + (z_2-z_1)^2\right]$$

ಎಂದಾಗಲಿ, ಇಲ್ಲವೆ,

$$\Delta T_{12}^2 = \Delta t^2 - \frac{1}{c^2}\left[\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2\right]$$

ಎಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ

$$\Delta \delta_{12}^2 = \frac{1}{c^2}\left[\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2\right] - \Delta t^2$$

ಎಂದಾಗಲಿ ಬರೆಯಬಹುದು. ಈಗ ಅನುಕೂಲತೆಗೋಸ್ಕರ $c=1$ ಎಂದು ತಿಳಿದರೆ,

$$\Delta \delta_{12}^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2 - \Delta t^2$$

ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ.

$\Delta t = i\Delta w \quad (i = \sqrt{-1})$ ಎಂದು ಬರೆದರೆ,

$$\Delta \delta_{12}^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2 + \Delta w^2$$

ಎಂದಾಗುವುದು. ಈ ಸಮೀಕರಣ, ತ್ರಿ–ಆಯಾಮೀಯ ಸಮೀಕರಣದ ರೂಪವನ್ನೇ ತಾಳಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ Δw^2 ಎಂಬ ಹೆಚ್ಚಿನ ಅಂಶ ಮಾತ್ರ ಇದೆ.

Δs^2 ಮತ್ತು $\Delta \delta_{12}{}^2$ ಇವೆರಡೂ ಒಂದೇ ರೂಪ ವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೂ ಅವೆರಡರ ನಡುವೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿದೆ. Δs^2ದಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲ ಪರಿಮಾಣಗಳೂ ಸತ್ಯ–ಸ್ವರೂಪದವಿರು ತ್ತವೆ. ಆದರೆ $\Delta \delta_{12}{}^2$ದಲ್ಲಿಯ Δw ಪದ ಕಾಲ್ಪನಿಕ ವಾಗಿದೆ. ಅಲ್ಲದೆ Δw, ಕಾಲಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಹೊಸ ಪರಿಮಾಣವಾಗಿದೆ. ತ್ರಿ–ಆಯಾಮೀಯ ಸೂತ್ರ Δs^2 ಶೂನ್ಯವಾಗಲು Δx, Δy, Δz, ಇವೆಲ್ಲ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಶೂನ್ಯವಾಗಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಎರಡೂ ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವಣ ಅವಕಾಶ–ಅಂತರ ಶೂನ್ಯವಾಗಬೇಕು. ಆದರೆ ಅವಕಾಶ–ಕಾಲ–ಅವಧಿ ಶೂನ್ಯವಾಗಲು ಎರಡೂ ಘಟನೆಗಳು ನಡೆದ ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವಿನ ಅವಕಾಶ–ಅಂತರ ಶೂನ್ಯವಾಗಲೇ ಬೇಕೆಂದೇನಿಲ್ಲ. $(\Delta x^2+\Delta y^2+\Delta z^2)$ ಈ ಪರಿಮಾಣ Δt^2 ಇದಕ್ಕೆ ಸರಿ ಇದ್ದರೆ ಅವಕಾಶ–ಕಾಲ–ಅವಧಿ ಶೂನ್ಯ ವಾಗುತ್ತದೆ.

ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದದ ಮಹತ್ವದ ಫಲಿತಗಳು

(i) **ವೇಗದೊಡನೆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಚರಣನೆ** (Variation of mass with Velocity) : ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದದ ಇನ್ನೊಂದು ಅತ್ಯಂತ ಮಹತ್ವದ ಫಲಿತ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ–

ಚರಣನೆ. ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಚೌಕಟ್ಟಿಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಕಾಯವೊಂದು ನಿಶ್ಚಲವಿರುವಾಗ ಅದರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ m_0 ಎಂದಾದರೆ, ಅದು v ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವಾಗ ಅದರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಸ್ಥಿರ ಉಳಿಯದೆ ವೇಗ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ! ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದದ ಪೂರ್ವದ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ವಿಚಾರ ಕಲ್ಪನಾತೀತ. ದ್ರವ್ಯ ರಾಶಿಗೂ, ವೇಗಕ್ಕೂ ಎಲ್ಲಿಯ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸುವುದು, ಎಂದು ಆಗಿನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಚಿಂತಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಆದರೆ ಈಗ ಇದು ಸಿದ್ಧವಾದ ಸಂಗತಿ. ಆದರೆ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದದ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ಚರಿಸುವ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ತಿಳಿಯಲ್ಪಡುವ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಿಂತ ಭಿನ್ನವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ದ್ರವ್ಯ-ರಾಶಿ ದ್ರವ್ಯದ ಪರಿಮಾಣ ಎಂದು ತಿಳಿದರೆ ಈ ಪರಿಮಾಣ ಈಗ ಕೂಡ ಸ್ಥಿರವಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಹಾಗಾದರೆ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದದಲ್ಲಿ ತಿಳಿಯಲ್ಪಡುವ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಯಾವುದು? ಯಾವುದೊ ಒಂದು ಚೌಕಟ್ಟಿಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷ ವಾಗಿ ಕಾಯವೊಂದು ನಿಶ್ಚಲವಿದೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯುವಾ. ಬಲ ವೊಂದರಿಂದ ಅದನ್ನು ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸು ತ್ತೇವೆ. ಆ ಕಾಯ ಬಲಕ್ಕೆ ಕೂಡಲೆ 'ಒಲಿಯದೆ' ವಿರೋಧ ವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತದೆ. ತನ್ನ ವಿರಾಮ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಉಳಿಯಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗೇನೇ ಕಾಯವು ಸಮ ರೂಪಿ ರೇಖೀಯ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಬಲವೊಂದರಿಂದ ಅದರ ಚಲನೆಯನು ಬದಲಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದರೆ ಆಗ ಕೂಡ ಆ

ಕಾಯ ಬಲಕ್ಕೆ ತನ್ನ ವಿರೋಧವನ್ನು ವ್ಯಕ್ತ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಕಾಯದ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಬದಲಿಸಲು ಯತ್ನಿಸಿದಾಗ ಕಾಯವು ತೋರಿಸುವ ವಿರೋಧದ ಗುಣಧರ್ಮಕ್ಕೆ ಜಡತ್ವ ಎಂದು ಹೆಸರು; ಏಕೆಂದರೆ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಒಂದನೆಯ ನಿಯಮದಂತೆ (ಜಡತ್ವ–ನಿಯಮ) ಯಾವುದೆ ಕಾಯ ತನ್ನ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಯಾವಾಗಲೂ ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತದೆ; ಹೊರಗಿನಿಂದ ಬಲವನ್ನು ಹಚ್ಚಿದಾಗ ಮಾತ್ರ ಅದು ತನ್ನ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಬದಲಿಸುತ್ತದೆ ಈ ಜಡತ್ವ ನಿಯಮದಿಂದಾಗಿ ಬಲವನ್ನು ವಿರೋಧಿಸುವ ಈ ಗುಣಧರ್ಮಕ್ಕೆ ಜಡತ್ವ–ಗುಣಧರ್ಮವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ಗುಣಧರ್ಮನೇ ನಮಗೆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಕಾಯದ ವೇಗ ಬದಲಾದಾಗ ಈ ಗುಣಧರ್ಮ ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಕಾಯದ 'ವಿರಾಮ–ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ' m_0 ಇದ್ದರೆ, ಅದರ ವೇಗ v ಇದ್ದಾಗ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ

$$m_v = \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$$

ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ c ಪ್ರಕಾಶದ ವೇಗ.

ಪ್ರಕಾಶದ ವೇಗ c ಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ v ಕಡಿಮೆ ಇದ್ದರೆ v^2/c^2 ತೀರ ಚಿಕ್ಕದಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುವುದರಿಂದ m ಮತ್ತು m_0 ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಸರಿ ಇರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿಯಂತೆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಸ್ಥಿರವಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. v ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋದಂತೆ $(1-v^2/c^2)$ ಈ ಪರಿಮಾಣ

ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗುವುದರಿಂದ m_v ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ; ಮತ್ತು v ಇದು c ಯ ಹತ್ತಿರ ಬಂದಂತೆ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವಾದದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಮತ್ತು ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಇವುಗಳಲ್ಲಿಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಎದ್ದು ಕಾಣು ತ್ತದೆ. v, c ಗೆ ತೀರ ಹತ್ತಿರ ಬಂದರೆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಅನಂತ ಪಟ್ಟು ವೃದ್ಧಿಸುತ್ತದೆ.

ಪ್ರಕಾಶದ ವೇಗ ಎಲ್ಲ ವೇಗಗಳ ಮಿತಿ : ದ್ರವ್ಯ ರಾಶಿಗೆ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಅರ್ಥವನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ನೆನಪಿಗೆ ತಂದು ಕೊಂಡರೆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯೇ ವಿರೋಧಿಸುತ್ತದೆ ! ಅಂದರೆ ಕಾಯದ ವೇಗ ಹೆಚ್ಚುವುದನ್ನು ವಿರೋಧಿಸುತ್ತದೆ; ಏಕೆಂದರೆ ವೇಗ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. v, cಗೆ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಹತ್ತಿರ ಬಂದ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಈ ವಿರೋಧ ಅನಂತವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ v ಈ ವೇಗ c ಯನ್ನು ಮೀರದಷ್ಟು ಈ ವಿರೋಧವಿರುತ್ತದೆ. ಬೇರೆ ಶಬ್ದಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ ಪ್ರಕಾಶದ ವೇಗವೇ ಎಲ್ಲ ವೇಗಗಳ ಮಿತಿ. ಯಾವುದೇ ಕಣದ ವೇಗ ಪ್ರಕಾಶದ ವೇಗ ವನ್ನೆಂದೂ ತಲುಪಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ—ಹೆಚ್ಚೆಂದರೆ ಅದರ ಹತ್ತಿರ ಮಾತ್ರ ಬರಬಲ್ಲುದು. (ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಪ್ರಕಾಶದ ವೇಗ ವನ್ನೂ ಮೀರುವ ವೇಗವನ್ನು ಪಡೆದ ಕಣಗಳ ಶೋಧದಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತೊಡಗಿದ್ದಾರೆ; ಏಕೆಂದರೆ ವಾದಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಇಂಥ ಕಣಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವ ಸಾಧ್ಯವಿದೆ ಎಂದು ಭಾರತೀಯ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಜಾರ್ಜ ಸುದರ್ಶನ್ ಮತ್ತಿತರು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟ

ದ್ದಾರೆ. ಈ ಕಣಗಳಿಗೆ ಟ್ಯಾಕಿಯಾನುಗಳೆನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಆದರೆ ಇಲ್ಲಿಯ ವರೆಗೆ ಇವು ಇನ್ನೂ ಶೋಧವಾಗಿಲ್ಲ.)

(ii) **ಶಕ್ತಿ–ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳ ಸಮಾನತೆ :** ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಚರಣನೆಯಿಂದ ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿ, ನಾವು ಇನ್ನೊಂದು ಅತಿ ಮಹತ್ವದ ಸೂತ್ರಕ್ಕೆ ಬರುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಅದೆಂದರೆ

$$E = mc^2$$

ಇದರಲ್ಲಿ E ಶಕ್ತಿ, m ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಮತ್ತು c ಪ್ರಕಾಶದ ವೇಗ ಈ ಸಮೀಕರಣ; ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳ ಸಮಾನತೆಯನ್ನು ಸಾರುತ್ತದೆ. ಇವೆರಡೂ ಒಂದೇ ಗುಣಧರ್ಮದ ಒಂದು ಪರಿಮಾಣದ ಎರಡು ರೂಪಗಳು. ಆದ್ದರಿಂದ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದದ ಪೂರ್ವದಲ್ಲಿದ್ದ ಶಕ್ತಿ–ನಿತ್ಯತಾ ನಿಯಮ ಈಗ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನೂ ಒಳಗೊಳ್ಳುವಂತೆ ಮಾರ್ಪಡಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಯಾವುದೆ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಶಕ್ತಿ ನಿತ್ಯತೆಯನ್ನು ವಿವೇಚಿಸುವಾಗ ನಾವು ಕೂಡಬೇಕಾದುದು ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯಿಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಕೂಡ ಅದರಲ್ಲಿರಬೇಕು. ಒಟ್ಟು 'ಶಕ್ತಿ' ಕೆಲವು ಭಾಗ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ, ಕೆಲವು ಭಾಗ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಶಕ್ತಿ ನಿತ್ಯತಾ ನಿಯಮದ ಬದಲು ಇನ್ನು ಮೇಲೆ ಶಕ್ತಿ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ನಿತ್ಯತಾ ನಿಯಮವನ್ನು ವಿವೇಚಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

$E=mc^2$ ಈ ಸಮೀಕರಣದ ಕಿಂಚಿತ್ ಮಹತ್ವವನ್ನಾದರೂ ತಿಳಿಯಲು ಅಂಕಿ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ಅವಶ್ಯ. m ಒಂದು ಗ್ರಾಮ್ ಇದ್ದರೆ $C=3\times10^{10}$ ಸೆ ಮೀ./ಸೆಕೆಂಡ್ ಇರುವುದರಿಂದ, $E=9\times10^{20}$ ಅರ್ಗ್ ಆಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಕೇವಲ ಒಂದು ಗ್ರಾಮ್ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ಶಕ್ತಿಯನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ ಸುಮಾರು 10^{21} ಅರ್ಗಗಳಷ್ಟು ಶಕ್ತಿ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಅಂದಾಜು $2\frac{1}{2}$ ಕೋಟಿ ಕಿಲೋವಾಟ್–ತಾಸುಗಳಷ್ಟು ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಸಿಗುತ್ತದೆ; ಈಗ ನಾವು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು 1 ಕಿಲೋವಾಟ್ ತಾಸಿಗೆ 1 ಯುನಿಟ್ ಎನ್ನುತ್ತೇವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಕೇವಲ 1 ಗ್ರಾಮ್ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಸುಮಾರು $2\frac{1}{2}$ ಕೋಟಿ ಇಂತಹ ಯುನಿಟ್ಟುಗಳ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಒದಗಿಸಬಲ್ಲುದು ಎಂದಂತಾಯಿತು.

$E=mc^2$ ಈ ಸಮೀಕರಣದ ಕೆಲವು ಸಂಪ್ರಯೋಗಗಳು.

೩) ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬ ಮತ್ತು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಬಾಂಬ : ಎರಡನೆಯ ಮಹಾಯುದ್ಧದ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಎಸೆದ ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬ (atom bomb) ದ ತತ್ತ್ವ ಕೂಡ $E=mc^2$ ಈ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಅಡಕವಾಗಿದೆ. ಕೆಲವೊಂದು ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಸಾಮಾನ್ಯ ರೂಪ ನಷ್ಟವಾಗಿ ಶಕ್ತಿಯ ರೂಪವನ್ನು ತಾಳುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ

ಅಷ್ಟೊಂದು ಸುಲಭಸಾಧ್ಯವಲ್ಲ. ಅದು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗುವ ಮುನ್ನ ಹಲವಾರು ನಿಬಂಧನೆಗಳು ತೃಪ್ತವಾಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗಾದಲ್ಲಿ ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ಜಯಪ್ರದವಾಗುತ್ತದೆ.

ಆವರ್ತ ಕೋಷ್ಟಕ (periodic table) ದಲ್ಲಿ ಯುರೇನಿಯಮ್‌ದ ಅನಂತರದ ಮೂಲ ವಸ್ತುಗಳ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸುಗಳು ಅಷ್ಟೊಂದು ಭದ್ರ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇಂಥ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸುಗಳ ವಿದಳನ (fission) ಮಾಡುವುದು ಸುಲಭ ಸಾಧ್ಯ. ಹೀಗೆ ವಿದಳನವನ್ನು ಸಾಧಿಸುವಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಕಣ ಬಹಳ ಸಹಾಯಕಾರಿ. ಏಕೆಂದರೆ ಅದು ವಿದ್ಯುದ್ರಹಿತವಿರುವುದರಿಂದ ಪರಮಾಣುವಿನ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ಹತ್ತಿರ ಹೋಗಬಲ್ಲುದು. ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿ ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನದಿಂದ ಯುರೇನಿಯಮ್ ದ್ರವ್ಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದಳನವನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದ್ದೇವೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯುವಾ. ವಿದಳನದಲ್ಲಿ ಪುನಃ ಎರಡು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಜನ್ಮತಾಳುತ್ತವೆ. ಈ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಯುರೇನಿಯಮ್‌ದ ದ್ರವ್ಯದಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರೆಯುತ್ತವೆ; ಆದರೆ ಕೂಡಲೇ ಯುರೇನಿಯಮ್ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸುಗಳಿಂದ ಕೈದು ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟು ಎರಡು ವಿದಳನಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಿದಳನದಲ್ಲಿಯೂ ಎರಡೆರಡು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಬಹುಬೇಗ ಸಹಸ್ರಾರು ವಿದಳನಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಇದೇ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಸರಪಣಿ ಕ್ರಿಯೆ (Nuclear chain reaction).

ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಬಾಂಬಿನಲ್ಲಿ ಸಹ ಇದೇ ತತ್ತ್ವ ಅಡಕ ವಾಗಿದೆ. ನಾಲ್ಕು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಪರಮಾಣುಗಳು ಸೇರಿ ಒಂದು ಹೀಲಿಯಮ್ ಪರಮಾಣು ಆಗಬಲ್ಲುದು. ಈಗ ನಾಲ್ಕು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಪರಮಾಣುಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನೂ ಮತ್ತು ಒಂದು ಹೀಲಿಯಮ್ ಪರಮಾಣುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಯನ್ನೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಕಂಡು ಹಿಡಿದರೆ ಹೀಲಿಯಮ್ ಪರ ಮಾಣುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ನಾಲ್ಕು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಪರಮಾಣು ಗಳ ಒಟ್ಟು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಇದ್ದುದು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಈ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೇ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಬಾಂಬಿನಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲಾಗುತ್ತದೆ.

b) ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳ ಸಮಾನತೆಯ ಇತರ ಸಂಪ್ರಯೋಗಗಳು : ಈ ತತ್ತ್ವವೇ ನಮಗೆ ಸದಾಕಾಲ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸುರಿಸುವ ಸೂರ್ಯ ಮತ್ತು ಇತರ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಶಕ್ತಿಯ ರಹಸ್ಯವನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟೀಕರಿಸಬಲ್ಲುದು. ಇಂಥ ನಕ್ಷತ್ರ ಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಕಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಅನಿಲ ಲಭ್ಯ ವಿರುತ್ತದೆ. ಸತತವಾಗಿ ನಾಲ್ಕು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಪರಮಾಣು ಗಳು ಒಂದು ಹೀಲಿಯಮ್ ಪರಮಾಣುವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತವೆ. ಈ ಪರಿವರ್ತನೆ ಆಗಲು ಅವಶ್ಯ ವಿರುವ ಅತ್ಯಧಿಕ ಉಷ್ಣತೆ ಮುಂತಾದವುಗಳು ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಲಭ್ಯವಿರುತ್ತವೆ. ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಬಾಂಬಿನ ತತ್ತ್ವದಲ್ಲಿ ಹೇಳಿ

ದಂತೆ ಈ ಪರಿವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿ ಕಿಂಚಿತ್ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ 'ನಶಿಸಿ', ಶಕ್ತಿಯ ರೂಪವನ್ನು ತಾಳುತ್ತದೆ. ಈ ಶಕ್ತಿಯೇ ನಮಗೆ ಸೂರ್ಯನ ವಿಕಿರಣದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣು ಅಥವಾ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಾಂಬು ಗಳಂತಹ ವಿಧ್ವಂಸಕ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಬಳಸದೆ ಪರಮಾಣು ರಿಯಾಕ್ಟರುಗಳಂತಹ ಶಾಂತಿಯುತ ಉದ್ದೇಶ ಗಳಿಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಬಳಸಲಾಗು ತ್ತದೆ. ಪರಮಾಣು ರಿಯಾಕ್ಟರನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಶಕ್ತಿ ಯನ್ನು ಪಡೆಯುವ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪದರಲ್ಲಿಯೇ ಹೀಗೆ ಹೇಳ ಬಹುದು : ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬಿನ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ವರ್ಣಿಸು ವಾಗ ಹೇಳಿದಂತೆ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯ ಸರಪಣಿ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸಿ ದರೆ ಅಪಾರ ಶಕ್ತಿ ದೊರೆಯುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಇದೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆ ಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸದಿದ್ದರೆ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ವಿಧ್ವಂಸಕ ಶಕ್ತಿ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ; ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿತಗೊಳಿಸಿದರೆ ಉಪಯುಕ್ತ ಶಕ್ತಿ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ.

ಯುರೇನಿಯಮ್ ಮೂಲವಸ್ತು ಎರಡು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪರಮಾಣು ಭಾರದ ಯುರೇನಿಯಮ್‌ಗಳ ಮಿಶ್ರಣವಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಯುರೇನಿಯಮ್ 238 ಪರಮಾಣು ಭಾರ ಮತ್ತು ಇನ್ನೊಂದು 235 ಭಾರ. ಇದರಲ್ಲಿ ಯುರೇನಿ-ಯಮ್–235 ವಿದಳನಕ್ಕೆ ಅನುಕೂಲಕರ ಏಕೆಂದರೆ ನಿಧಾನ ವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಇದರಲ್ಲಿ ವಿದಳನವನ್ನು

ಮಾಡಬಲ್ಲುವು. ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ನಿಧಾನಗೊಳಿಸಲು ಮಂದಕಾರಕಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ನೀರು, ಭಾರವಾದ ನೀರು, ಕಾರ್ಬನ್ ಮುಂತಾದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಮಂದಕಾರಕಗಳಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಮಂದಗೊಳಿಸುವ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಬಹಳಷ್ಟು ಉಷ್ಣ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ನೀರು ಮಂದಕಾರಕವಿದ್ದಾಗ ಅದು ತಪ್ತಗೊಂಡು, ಔಷ್ಣಿಕ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ತರಹದ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕಗಳು ನಮ್ಮ ದೇಶದಲ್ಲಿ ಆಗಲೆ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ಬಂದಿವೆ.

ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದದಿಂದಾಗಿ ಅವಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲಗಳ ಬಗೆಗಿನ ನಮ್ಮ ವಿಚಾರಗಳು ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಪಟ್ಟವು. ಅವೆರಡೂ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಕಾಲ ಕೂಡ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಕರಿಗೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಬಲ್ಲುದು ಎಂದು ತಿಳಿಯಿತು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಪೂರ್ವದಲ್ಲಿ ಅರ್ಥವಾಗದೇ ಉಳಿದಿದ್ದ ಎಷ್ಟೋ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳು ಸ್ಪಷ್ಟವಾದುವು.

ಅವಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಕ್ರಾಂತಿಯನ್ನೆಬ್ಬಿಸಿದುದೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ಅದ್ಭುತ ಸಾಧನೆಯೆಂದು ಬರ್ಟ್ರಾಂಡ್ ರಸೆಲ್‌ರಂತಹ ಎಷ್ಟೋ ತಜ್ಞರು ಅಭಿಪ್ರಾಯ

ಪಟ್ಟಿದ್ದಾರೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ವಿಚಾರಸರಣಿಯನ್ನು ಜನ ಸಾಮಾನ್ಯರು ತಿಳಿದುಕೊಂಡರೆ ಅವರ ವಿಚಾರಗಳು ಆಧುನಿಕ ವಿಚಾರಗಳೆನಿಸುತ್ತವೆ. ಆಗ ಅವರು ಕೂಡ ಸರಿಯಾಗಿ ವೈಜ್ಞಾನಿಕವಾಗಿ ವಿಚಾರ ಮಾಡಬಲ್ಲವರೆಂದು ಖಾತ್ರಿಯಾಗುತ್ತದೆ.

೬. ವ್ಯಾಪಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದ
(General Theory of Relativity)

ಪೀಠಿಕೆ : ಇದುವರೆಗೆ ಅಭ್ಯಸಿಸಿದ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದ. ಅದರಲ್ಲಿ ಕೇವಲ ಸಮರೂಪಿ ಸರಳರೇಖೀಯ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಲಾಯಿತು. ಆದರೆ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ನಾವು ಜಗತ್ತಿನಲ್ಲಿ ಕೇವಲ ಸಮರೂಪಿ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಗಳನ್ನೇ ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ. ಎರಡು ಚೌಕಟ್ಟುಗಳ ನಡುವೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತ ಚಲನೆ ಇರಬಹುದು. ಆಗ ಆ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳ ಮೇಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಕರ ನಡುವಿನ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಎಂತಹ ಸಂಬಂಧಗಳಿರುತ್ತವೆ ? ಈ ತರಹದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಳ್ಳುವ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದಕ್ಕೆ ವ್ಯಾಪಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದ ಎಂದು ಹೆಸರು. ಈ ಮೊದಲು ಹೇಳಿದ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ತತ್ತ್ವ (principle of relativity) ಸಮರೂಪಿ ಸರಳ ರೇಖೀಯ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿದ್ದ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಿಗೆ

ಅನ್ವಯಿಸುವಂತಿತ್ತು. ಅದನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಪುನಃ ಹೇಳಬೇಕೆಂದರೆ ಭೌತಿಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳು ಎಲ್ಲ ಸಮರೂಪಿ ಸರಳರೇಖೀಯ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಇರಬೇಕು. ವ್ಯಾಪಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದ ಈ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ವಿಸ್ತರಿಸಿ ಎಲ್ಲ ತರಹದ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಭೌತಿಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳೂ ಒಂದೇ ಇರಬೇಕೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಅಂದರೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತ ಚಲನೆಗಳೂ ಇದರಲ್ಲಿ ಅಡಕ ವಾಗಿರಬೇಕು.

ಅತ್ಯಂತ ಸುಪರಿಚಿತ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತ ಚಲನೆಯೆಂದರೆ ಭೂಮಿಯ ಗುರುತ್ವದಲ್ಲಿ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಕಾಯಗಳ ಚಲನೆ. ಮುಕ್ತಗೊಳಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಾಯಗಳು ಭೂಮಿಯ ಗುರುತ್ವಾ ಕರ್ಷಣೆಯಿಂದಾಗಿ ಕೆಳಗೆ ಬೀಳತೊಡಗುತ್ತವೆ ಎಂದು ಹೇಳು ತ್ತೇವೆ. ಆದರೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ಪ್ರಕಾರ ಗುರುತ್ವ ಬಲವನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತ ಹೊಂದಿದ ಚೌಕಟ್ಟಿನಿಂದ ಆದೇಶಿಸಬಹುದು. ಅಂದರೆ ಗುರುತ್ವ ಬಲದ ಪರಿಣಾಮ ಗಳನ್ನು ಸರಿಯಾದ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳನ್ನು ಆರಿಸಿ ಉಂಟು ಮಾಡ ಬಹುದು. ಈ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ತಿಳಿಸಿ ಹೇಳಲು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನು ಈ ಮುಂದಿನ ಕಾಲ್ಪನಿಕ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಹೇಳುತ್ತಾನೆ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ಲಿಫ್ಟ್ ಪ್ರಯೋಗ: ಲಿಫ್ಟ್ ಒಂದರಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬ ವೀಕ್ಷಕನಿದ್ದಾನೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ಲಿಫ್ಟ್ ನಿಶ್ಚಲವಿದ್ದಾಗ (ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಚೌಕಟ್ಟಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿ

ದಂತೆ) ಆದರಲ್ಲಿಯ ವೀಕ್ಷಕನು ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆ (g)ಯನ್ನು ಯಾವುದೊಂದು ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡಿ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಲ್ಲನು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಕೆಳಗೆ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ಪತನದ ಕಾಲ t ಯನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದು ಅದು ಬಿದ್ದ ದೂರ d ಯನ್ನು ಅಳೆದು,

$$d = \frac{1}{2}gt^2$$

ಎಂಬ ಸೂತ್ರದಿಂದ g ಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯ. ಆ ವೀಕ್ಷಕನಿಗೆ ಲಿಫ್ಟಿನ ಹೊರಗಿನಿಂದ ಏನೂ ಮಾಹಿತಿ ದೊರೆಯುವದಿಲ್ಲವೆಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ಅವನು ಈ ಮೇಲಿನ ಪ್ರಯೋಗದ ಬಗ್ಗೆ ಹೀಗೆ ವಿಚಾರ ಮಾಡಬಹುದು. ನನ್ನ ಲಿಫ್ಟ್ ನಿಶ್ಚಲವಿಲ್ಲ. ಅದು ಯಾವುದೋ ಒಂದು ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೆ 980 ಸೆ.ಮೀ./ಸೆಕೆಂಡ್^{2} ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದಿಂದ ಮೇಲೆ ಹೋಗುತ್ತಿದೆ. ನಾನು ಯಾವುದೇ ವಸ್ತುವಿನ ಕೈಬಿಟ್ಟರೆ ಅದು ಲಿಫ್ಟಿನ ತಳಕ್ಕೆ ಏಕೆ ಬಡೆಯುತ್ತದೆಂದರೆ ಲಿಫ್ಟ್ ಮೇಲೆ ಹೋಗುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ ಕೈ ಬಿಟ್ಟಲ್ಲಿಯೆ ನಿಂತ ವಸ್ತು ಅದರ ತಳಕ್ಕೆ ತಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ವಸ್ತು ಬೀಳುವುದು ಗುರುತ್ವ ಬಲದಿಂದಲ್ಲ, ಆದರೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತವಾದ ನನ್ನ ಚೌಕಟ್ಟಿನಿಂದಾಗಿ.

ಈ ವಾದ ಸರಣಿಯಲ್ಲಿ ಏನೂ ದೋಷವಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಲಿಫ್ಟಿನ ಹೊರಗಿದ್ದ ನಮಗೆಲ್ಲ ಇದು ಸರಿ ಎನಿಸದು. ಏಕೆಂದರೆ ಆ ಲಿಫ್ಟ್, ಆ ವೀಕ್ಷಕ, ಎಲ್ಲರೂ ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿದ್ದಾರೆ ಎಂದು ಗೊತ್ತಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನೇ ಕಿಂಚಿತ್ ಬೇರೆ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ನೋಡೋಣ. ಆ ಲಿಫ್ಟಿಗೆ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಹಗ್ಗವನ್ನು ಹಚ್ಚಿತ್ತೆಂದೂ ಆದರಿಂದಲೇ ಯಾವುದೋ ಒಂದು ಶಕ್ತಿ ಅದನ್ನು ಮೇಲೆ ಎಳೆಯುತ್ತಿತ್ತೆಂದೂ ಮೊದಲನೆಯ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ತಿಳಿದಿದ್ದರೆ ಈಗ ಆ ಹಗ್ಗ ಹರಿದು ಬಿದ್ದಿದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ಈಗ ಲಿಫ್ಟ್ ಅದರಲ್ಲಿಯ ವೀಕ್ಷಕ ಮತ್ತು ಇನ್ನಿತರ ವಸ್ತುಗಳೆಲ್ಲ ಭೂಮಿಯ ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ 980 ಸೆ. ಮೀ. ಸೆಕೆಂಡ್^{2} ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದಿಂದ ಬೀಳತೊಡಗುತ್ತವೆ. ಇದು ಲಿಫ್ಟಿನ ಹೊರಗಿನ ವೀಕ್ಷಕರ ದೃಷ್ಟಿ. ಆದರೆ ಅದರಲ್ಲಿದ್ದ ವೀಕ್ಷಕನೇನು ತಿಳಿಯುತ್ತಾನೆ? ಅವನ ಕೈಯಿಂದ ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ಮುಕ್ತಗೊಳಿಸಿದರೆ ಅದು 980 ಸೆಂ ಮೀ/ ಸೆಕೆಂಡ್^{2} ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದಿಂದ ಬೀಳತೊಡಗುತ್ತದಾದುದರಿಂದ ಮತ್ತು ಲಿಫ್ಟ್ ಕೂಡ ಅದೇ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದಿಂದ ಬೀಳುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ ಲಿಫ್ಟಿಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಆ ವಸ್ತು ಬೀಳದೆ ನಿಶ್ಚಲವಿರುತ್ತದೆ. ಕೈ ಬಿಡುವ ಮೊದಲು ಅದು ಲಿಫ್ಟಿನ ತಳದಿಂದ ಎಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದಿತೊ ಅದೇ ದೂರದಲ್ಲಿ ಕೊನೆಯ ವರೆಗೂ ಉಳಿಯುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಆ ಲಿಫ್ಟಿನಲ್ಲಿಯ ವೀಕ್ಷಕನು ತನ್ನ ಲಿಫ್ಟಿನ ಮೇಲೆ ಯಾವ ಬಲವೂ ಇಲ್ಲ ಎಂದು ತಿಳಿಯುತ್ತಾನೆ.

ಇನ್ನೂ ಒಂದು ಹೆಜ್ಜೆ ಮುಂದುವರೆದು ನಾವು ಹೀಗೆ ಕಲ್ಪಿಸೋಣ. ಗುರುತ್ವಬಲ ಶೂನ್ಯವಿರುವಲ್ಲಿ ಆ ಲಿಫ್ಟನ್ನು

ಇರಿಸೋಣ. ಈಗ ಯಾವುದೊ ಒಂದು ಶಕ್ತಿ ಆ ಲಿಫ್ಟಿಗೆ ಹಚ್ಚಿದ ಹಗ್ಗದಿಂದ ಒಂದು ಸ್ಥಿರವಾದ ಬಲದಿಂದ ಎಳೆಯ ತೊಡಗುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ಆಗ ಅದರಲ್ಲಿಯ ವೀಕ್ಷಕನು ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ಅದರ ವಿರಾಮ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಮುಕ್ತ ಗೊಳಿಸಿದರೆ ಅದು ಕೆಳಗೆ 'ಬೀಳುತ್ತದೆ'. ಅಂದರೆ ಮೇಲೆ ಹೋಗುತ್ತಿರುವ ಲಿಫ್ಟಿನ ತಳ ಕೈಬಿಟ್ಟಲ್ಲೆ ಇದ್ದ ವಸ್ತುವಿಗೆ ತಾಕುತ್ತ ಮುಂದೆ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಆ ವೀಕ್ಷಕನು ಏನೆಂದು ಭಾವಿಸುತ್ತಾನೆ? ನನ್ನಕೈಯಿಂದ ಬಿಟ್ಟ ವಸ್ತುಗಳು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದಿಂದ ಬೀಳತೊಡಗಿವೆ ಎಂದ ಮೇಲೆ ನಾನು ಮತ್ತು ನನ್ನ ಲಿಫ್ಟ್ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿರುತ್ತೇವೆ. ಆದರೆ ಮೊದಲೇ ಹೇಳಿದಂತೆ ಅವನ ಲಿಫ್ಟನ್ನು ಗುರುತ್ವ ಶೂನ್ಯವಿರುವಲ್ಲಿ ಇರಿಸಿದ್ದೇವೆ.

ಇದರಿಂದ ಏನು ತೀರ್ಮಾನಿಸಬಹುದು? ಒಂದನೆಯ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ನಿಜಕ್ಕೂ ಲಿಫ್ಟ ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿದ್ದರೂ ಅದರಲ್ಲಿದ್ದ ವೀಕ್ಷಕನು ಹಾಗೆ ತಿಳಿಯದೆ ತನ್ನ ಚೌಕಟ್ಟು 980 ಸೆ. ಮೀ./ಸೆಕೆಂಡ್^{2} ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದಿಂದ ಮೇಲೆ ಹೋಗುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ವಾದಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯ. ಆದ್ದರಿಂದ ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಈ ತರಹದ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಚೌಕಟ್ಟಿನಿಂದ ಆದೇಶಿಸಿದಂತಾಯಿತು. (ನಮ್ಮ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ) ನಿಜಕ್ಕೂ ಆ ಚೌಕಟ್ಟು ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಒಂದು ಜಡ–ಚೌಕಟ್ಟು (inertial frame ಅಂದರೆ

ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆಯ ಒಂದನೆಯ ನಿಯಮ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಚೌಕಟ್ಟು) ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳೆರಡನ್ನೂ ಒಂದು ಯೋಗ್ಯವಾದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತ ಚೌಕಟ್ಟಿನಿಂದ ಅದೇಶಿಸ ಬಹುದೆಂದಂತಾಯಿತು.

ಇದೇ ರೀತಿ ೨ ನೆಯ ಮತ್ತು ೩ ನೆಯ ಪ್ರಯೋಗ ಗಳನ್ನೂ ಅರ್ಥೈಸಬಹುದು. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಇವೆಲ್ಲ ಪ್ರಯೋಗ ಗಳಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗುವುದೆಂದರೆ ಸ್ಥಾನಿಕವಾಗಿಯಾದರೂ ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಯೋಗ್ಯವಾದ ಚೌಕಟ್ಟು ಗಳು ಕೂಡ ಕೊಡಬಹುದು ಎಂದು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ವ್ಯಾಪಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದ ನಿಜ ವಾಗಿಯೂ ಒಂದು ಗುರುತ್ವ ವಾದವೆ. ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಗುರುತ್ವ ವಾದ ಗ್ರಹಗಳ ಮತ್ತು ಇನ್ನಿತರ ಆಕಾಶ ಕಾಯಗಳ ಚಲನ ವಲನಗಳನ್ನು ತಿಳಿಯುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದರೂ ಕೆಲವೊಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟೀಕರಿಸುವಲ್ಲಿ ಅಯಶಸ್ವಿ ಯಾಯಿತು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಸೂರ್ಯನ ಅತಿ ಹತ್ತಿರದ ಗ್ರಹ ಬುಧನ ಪಥವನ್ನು ಕೂಲಂಕಷವಾಗಿ ನೋಡಿದರೆ ಅದು ಯಾವಾಗಲೂ ಒಂದೇ ಇರದೆ ಕಿಂಚಿತ್ ಬದಲಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತಿರುವುದು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಬುಧನು ವರ್ಷೇ ವರ್ಷೇ ಅದೇ ಪಥವನ್ನು ಅನುಸರಿಸದೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪಥಗಳನ್ನೇ ಕ್ರಮಿಸುತ್ತಾನೆ. ಆದರೆ ಈ ಬದಲಾದ ಪಥ ಮೊದಲಿನ ಪಥ ಕ್ಕಿಂತ ತೀರ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಿನ್ನವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ನೂರು ವರ್ಷ

ಗಳಲ್ಲಿ ಕೇವಲ ೪೩'' ಗಳಷ್ಟು ಪಥದ ಅಕ್ಷ ತಿರುಗಿದ್ದು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ.

ಜಡ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ: ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ವ್ಯಾಪಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದದ ತಳಹದಿ ಗುರುತ್ವ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಮತ್ತು ಜಡ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಇವುಗಳ ಸಮಾನತೆ ಆಗಿದೆ. ಈ ಮೊದಲು ಜಡ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಬಗ್ಗೆ ಹೇಳಲಾಗಿದೆ; ಅದನ್ನು ಪುನಃ ಹೇಳಬೇಕೆಂದರೆ ಯಾವುದೆ ಒಂದು ಕಾಯವೊಂದರ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಬದಲಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದರೆ ಅದನ್ನು ವಿರೋಧಿಸುವ ಗುಣಧರ್ಮವೆ ಆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ. ಗುರುತ್ವ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಗುರುತ್ವ ಬಲಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದುದು. ಗುರುತ್ವ ಬಲ ಒಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ಬಲಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಭಿನ್ನವಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಬಲ ಅದು ಕ್ರಿಯೆ ಮಾಡುವ ವಸ್ತುವಿನ 'ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ'ಗೆ ಸಮಾನುಪಾತದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ತಿಳಿಯುವಲ್ಲಿ ಈ ಮುಂದಿನ ಉಪಮೆ ಸಹಾಯಕಾರಿ. ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಕಣದ ಮೇಲೆ ಪ್ರವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ಈ ಬಲದ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಆ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ತೀವ್ರತೆ ಮತ್ತು ಕಣದ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣ ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧದಿಂದ ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸಬಹುದು. ಯಾವುದೆ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ತೀವ್ರತೆ ಆ ಕಣದ ಪೂರಣವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣ ಆ ಕಣದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಗುಣಧರ್ಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದೇ

ರೀತಿ 'ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರ ತೀವ್ರತೆ' ಮತ್ತು ಆ ಕಣದ 'ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ' ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಆ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಗುರುತ್ವ ವಿಭವದ ಪ್ರವಣತೆಯಿಂದ ಅಳೆಯ ಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ 'ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ' ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಪೂರಣದ ಹಾಗೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ನಾವು 'ಗುರುತ್ವ ಪೂರಣ' ಎಂದು ಕೂಡ ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಇದೇ ಗುರುತ್ವ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ.

ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನೆ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಈ ಕೆಳಗೆ ಬರೆದಂತೆ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು:

(ಜಡ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ) × (ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ)
=(ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆ) × (ಗುರುತ್ವ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ)

ನ್ಯೂಟನ್ನನು ಈ ಸಮೀಕರಣದ ಸತ್ಯತೆಯನ್ನು ತಿಳಿದಿದ್ದನು. ಸಮೀಕರಣದ ಎರಡೂ ಬದಿಗಳಲ್ಲಿರುವ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳು ಒಂದೇ ಎಂದು ತಿಳಿದಾಗಲೇ ಅವೆರಡೂ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಮಾಯವಾಗಿ

ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ = ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆ

ಎಂಬಂಶ ಬರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಬಲಬದಿಗೆ ಇರುವ ತೀವ್ರತೆ ಆ ಕಾಯದ ಗುಣಧರ್ಮವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸದೆ ಇರುವುದರಿಂದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಕೂಡ ಕಾಯದ ಗುಣಧರ್ಮದಿಂದ ಸ್ವತಂತ್ರ ವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಸಿದ್ಧವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ವಾಗಿ ಸಿದ್ಧವಾದ ಮಾತು ಏಕೆಂದರೆ, ಯೋತ್ವೋಶ್ ಮತ್ತು

ಇತರರ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಜಡ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಎರಡೂ ಸಮಾನ ಎಂದು ನಿಃಸಂಶಯವಾಗಿ ದೃಢೀಕೃತವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಮೇಲೆ ಬರೆದ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿಯ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವನ್ನು ನಾವು ಗುರುತಿಸಬೇಕು. ಅದೆಂದರೆ ಗುರುತ್ವ ಬಲ (ಅಥವಾ ಕಾಂತ ಬಲ ಇಲ್ಲವೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲ) ಕ್ಷೇತ್ರ ವೊಂದರ ಮೂಲಕ ಕಾಯಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಗುರುತ್ವವಾದ 'ದೂರದಿಂದ ಕ್ರಿಯೆ ಮಾಡುವ' ಬಲವನ್ನು ವರ್ಣಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಅಲ್ಲಿ ಎರಡು ಕಣಗಳ ನಡುವಿನ ಆಕರ್ಷಣೆ ಒಮ್ಮೆಲೆ ದೂರದಿಂದಲೆ ಒಂದು ಇನ್ನೊಂದರ ಮೇಲೆ ಕ್ರಿಯೆ ಮಾಡುವ ಬಲ. ಆದರೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ವಾದದಲ್ಲಿ ಹಾಗಲ್ಲ; ಒಂದು ಕಣ ಒಂದು ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಬಂದಿತೆಂದರೆ ಅದರ ಸುತ್ತು ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರ ನಿರ್ಮಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಆ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಇನ್ನಾವುದೊ ಒಂದು ಕಣ ಬಂದರೆ ಮೊದಲಿನ ಕಣದ ಕ್ಷೇತ್ರ ಇದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ (ನಿಜಕ್ಕೂ ಎರಡು ಕಣಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಅಂತರ್‌ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಉದ್ಭವಿಸಿದ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ನಾವು ಲೆಕ್ಕಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ). ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಹೇಳ ಬೇಕೆಂದರೆ ಮ್ಯಾಕ್ ತತ್ತ್ವದಪ್ರಕಾರ ಯಾವುದೊಂದು ಕಣದ ಹತ್ತಿರದ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಸಮಗ್ರ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿರುವ ದ್ರವ್ಯ-ರಾಶಿಯ ವಿತರಣೆಯಿಂದ ನಿರ್ಧರಿತವಾಗುತ್ತದೆ.

ಅವಕಾಶದ ವಕ್ರತೆ : ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಗುರುತ್ವವಾದದಲ್ಲಿ ಅವಕಾಶಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಕಣಗಳ ನಡುವಿನ ಆಕರ್ಷಣೆ ಬಲಕ್ಕೂ ಏನೂ ನೇರವಾದ ಸಂಬಂಧವಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ವಾದದಲ್ಲಿ ಅವಕಾಶ ಮತ್ತು ಅದರಲ್ಲಿರುವ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳ ನಡುವೆ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವಿದೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನು ಅವಕಾಶಕ್ಕೆ ಗುಣಧರ್ಮಗಳನ್ನು ಆರೋಪಿಸಿ (ascribing) ಬಲಗಳ ವರ್ತನೆಯ ವರ್ಣನೆಯನ್ನು ಮಾಡುತ್ತಾನೆ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ಗುರುತ್ವವಾದದಲ್ಲಿ ಅವಕಾಶ 'ವಕ್ರ' ವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅವಕಾಶದ ವಕ್ರತೆ ಎಂದರೇನು ? ಪ್ರಪ್ರಥಮವಾಗಿ ಅವಕಾಶವನ್ನೇ ಸರಿಯಾಗಿ ಅರಿಯದ ನಮಗೆ ಅದರ ವಕ್ರತೆಯನ್ನು ಅರಿಯುವದೆಂತು ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆ ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತದೆ. ಅವಕಾಶದ ವಕ್ರತೆಯನ್ನು ನೋಡುವುದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಅದನ್ನು ಅನುಭವಿಸುವುದಾಗಲಿ ಅಸಾಧ್ಯವಾದರೂ ಅದನ್ನು ಗಣಿತೀಯವಾಗಿ ಅಭ್ಯಸಿಸಿ ಅದರ ಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ತಿಳಿಯುವುದು ಸಾಧ್ಯ. ಈ ಅಭ್ಯಸನವನ್ನು 'ರೀಮಾನ್ ಕ್ರಿಸ್ಟಾಫೆಲ್ ಟೆನ್ಸರ್' ಎಂಬ ಗಣಿತೀಯ 'ಉಪಕರಣ'ದ ಮೂಲಕ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅದು ಅವಕಾಶದ ವಕ್ರತೆಯನ್ನು ಬಣ್ಣಿಸುವಲ್ಲಿ ಬಳಸಲ್ಪಡುವುದರಿಂದ ಅದಕ್ಕೆ 'ವಕ್ರತಾ-ಟೆನ್ಸರ್' ಎಂದೇ ಹೆಸರು.

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ ಯಾವುದೊಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯ ಅವಕಾಶದ ಗುಣ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯ ಸಮಗ್ರ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿರುವ ಪದಾರ್ಥ

ದಿಂದ ನಿರ್ಧರಿತವಾಗುತ್ತದೆನ್ನೋ ನಿಜ. ಆದರೆ ನಾವು ಪರೀ ಚಿಸುತ್ತಿರುವ ಅವಕಾಶದ ಭಾಗದ ವಕ್ರತೆ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಅದಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ಪದಾರ್ಥದಿಂದ ನಿರ್ಧರಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಉದಾ ಹರಣೆಗೆ ಸೂರ್ಯನ ಹತ್ತಿರದ ಅವಕಾಶ ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಯಿಂದ ನಿರ್ಣಯಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಆ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಅನೇಕ ಕಾಯಗಳಿರಬಹುದು. ಆದರೆ ಅಲ್ಲಿ ಸೂರ್ಯನಿಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಇತರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳು ಅಷ್ಟೊಂದು ಮಹ ತ್ವದವು ಎಂದು ಎನಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಸೂರ್ಯನ ಇಂಥ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಇನ್ನುಳಿದ 'ಸಣ್ಣ' ಕಾಯಗಳ ಚಲನೆಯನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಸೂರ್ಯನಿಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಸಣ್ಣ ಕಾಯವಾದ ಬುಧ ಗ್ರಹದ ಚಲನೆಯನ್ನು ಸೂರ್ಯನ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಅಭ್ಯಸಿಸುತ್ತೇವೆ. ಇದೇ ತರಹ ಬೇರೆ ಗ್ರಹಗಳ ಚಲನೆ ಯನ್ನೂ ಅಭ್ಯಸಿಸಬಹುದು.

ಈಗ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ವಾದದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯು ತನ್ನೆಡೆ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳನ್ನೂ ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತದೆ; ಆದ್ದರಿಂದ ಮೇಲೆಸೆದ ಯಾವುದೇ ವಸ್ತು ಭೂಮಿಗೆ ಬೀಳುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ವಾದದಲ್ಲಿ ಈ ಆಕರ್ಷಣೆಯ ಮಾತೇ ಇರುವ ದಿಲ್ಲ. ಮೇಲೆಸೆದ ಕಲ್ಲು ಏಕೆ ಕೆಳಗೆ ಬೀಳುತ್ತದೆ ಎಂದರೆ ಭೂಮಿಯು ತನ್ನ ಸುತ್ತಲಿನ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ತನ್ನದೆ ಆದ ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರವೊಂದನ್ನುಂಟು ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈ ಕ್ಷೇತ್ರ ಆ ಕಲ್ಲಿನ ಮೇಲೆ ಕಾರ್ಯಮಾಡಿ ಅದು ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಅಂದರೆ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಕಲ್ಲಿನ ಪಥ, ಆ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಅದರ (ಕಲ್ಲಿನ) ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಪಥ, ಅದೇ ಕಲ್ಲನ್ನು 11.2 ಕೀ.ಮೀ./ ಸೆಕೆಂಡ್ ವೇಗದಿಂದ ಲಂಬವಾಗಿ ಎಸೆದರೆ ಅದು ಭೂಮಿಗೆ ಮರಳುವುದಿಲ್ಲ. ಏಕೆ ? ಕಲ್ಲು ಮೇಲೆ ದೂರ ದೂರ ಹೊದಂತೆ ಅದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರವರ್ತಿಸುವ ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆ ಬದಲಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. 11.2 ಕೀ.ಮಿ./ಸೆಕೆಂಡ್ ವೇಗ ದಿಂದ ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿ ಮುಂದೆ ಮುಂದೆ ಹೋಗುವ ಕಲ್ಲು ಭೂಮಿಯ ಕಡೆಗೆ ಬರುವ ಪಥವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಆಗ ಅದಕ್ಕೆ ಈ ಪಥ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾದುದಲ್ಲ. ಭೂಮಿಯಿಂದ ದೂರ ಹೋಗುವ ಪಥವೇ ಅದಕ್ಕೆ ಆಗ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾದುದು. ಅಂದರೆ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದ ಗುಣಧರ್ಮಗಳು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಲಭ್ಯವಾಗುವ ಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆ ಮತ್ತು ದಿಶೆಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದು.

೭. ವ್ಯಾಪಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ದೃಢೀಕರಣ

(i) ಬುಧನ ಪಥದ ವಿಚಲನೆ (Advance of Perihelion of Mercury) : ಇನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದಕ್ಕೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ದೃಢೀಕರಣ ಉಂಟೆ ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆ ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತದೆ. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಮೂರು ವಿದ್ಯಮಾನ ಗಳಲ್ಲಿ ದೃಢೀಕರಣ ದೊರೆತಿದೆ. ಅವೆಂದರೆ (i) ಬುಧನ ಪಥದ

ವಿಚಲನೆ (ii) ಪ್ರಕಾಶದ ವಿಚಲನೆ ಅಥವಾ ಪಲ್ಲಟ ಮತ್ತು (iii) ರಕ್ತ ಪಲ್ಲಟ.

ಈ ಮೊದಲೇ ಹೇಳಿದಂತೆ ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತಲಿನ ಬುಧನ ಪಥ ವರ್ಷೇ ವರ್ಷೇ ಬದಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದಕ್ಕೆ ಪೂರ್ವದಲ್ಲಿಯೇ ವಿದಿತವಿತ್ತು. ಆದರೆ ಅದಕ್ಕೆ ಸರಿಯಾದ ಸ್ಪಷ್ಟೀಕರಣೆ ಇರಲಿಲ್ಲ.

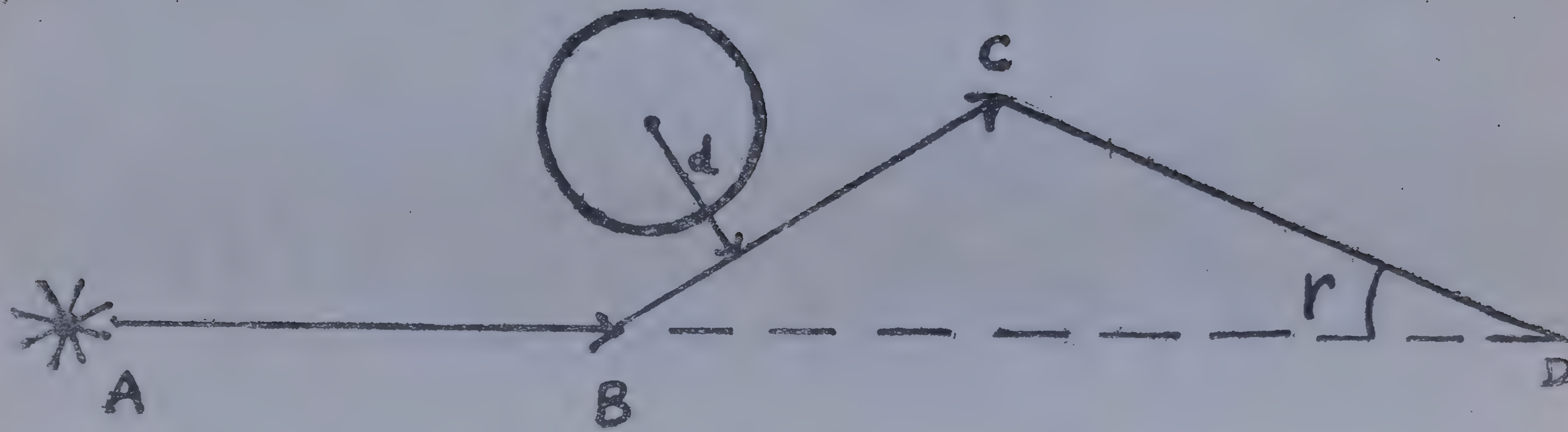
ಇಲ್ಲಿ ಗಣಿತದ ಆಳಕ್ಕೆ ಇಳಿಯದೆ ಕೇವಲ ವಿದ್ಯಮಾನದ ಸ್ಥೂಲ ವರ್ಣನೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಕೊಡಲಾಗುವುದು.

ಸೌರವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ ಬುಧ ಗ್ರಹವೇ ಸೂರ್ಯನಿಗೆ ಅತಿ ಸಮೀಪದ ಗ್ರಹ. ಆದುದರಿಂದ ಸೂರ್ಯನ ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರ ಅವನ ಮೇಲೆ ಇನ್ನುಳಿದ ಗ್ರಹಗಳ ಮೇಲೆ ಮಾಡುವ ಪರಿಣಾಮಕ್ಕಿಂತ ಅಧಿಕವಿರಬೇಕು. ಸೂರ್ಯನ ಹತ್ತಿರದ ಅವಕಾಶದ ವಕ್ರತೆಯನ್ನು ಸರಿಯಾದ ರೀಮಾನ್ ಕ್ರಿಸ್ಟಾಫೆಲ್ ಟೆನ್ಸರದಿಂದ ವರ್ಣಿಸಿ ಆದರಲ್ಲಿ ಬುಧನ ಪಥವು ಹೇಗೆ ಬದಲಾಗುತ್ತದೆಂದು ಪರಿಮಾಣಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆಗ ಅವನ ಪಥದ ಅಕ್ಷ 100 ವರುಷಗಳಲ್ಲಿ 43″ ಕೋನದಷ್ಟು ವಿಚಲಿತ ಹೊಂದುವುದು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಇದು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಹಿಡಿದ ಪರಿಮಾಣದಷ್ಟೆ ಇರುವುದರಿಂದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ವ್ಯಾಪಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದ ದೃಢೀಕೃತ.

(ii) **ಪ್ರಕಾಶದ ಪಲ್ಲಟ** (Deflection of light): ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದದಂತೆ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಒಂದೇ ಪರಿಮಾಣದ ಎರಡು ರೂಪಗಳು ಆದ್ದರಿಂದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕೂಡ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ವಿವೇಚಿಸು ವಂತೆ ವಿವೇಚಿಸಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ದೂರದ ನಕ್ಷತ್ರ ವೊಂದರಿಂದ ಬರುವ ಪ್ರಕಾಶ ಶಕ್ತಿ ಸೂರ್ಯನ ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರ ದಲ್ಲಿ ಬಂದೊಡನೆ ಆ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಪ್ರಭಾವಿತಗೊಂಡು ತನ್ನ ಸರಳ ಪಥದಿಂದ ವಿಚಲಿತಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವಾದಕ್ಕೆ ಈ ಫಲಿತ ಅರ್ಥವಾಗದು.

ಆದರೆ ಸೂರ್ಯನ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಹೋಗಬಹುದಾದ ಪ್ರಕಾಶದ ಅಲೆ ಯಾವುದದು ? ಅದು ಪಲ್ಲಟಹೊಂದುವುದನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುವುದೆಂತು ? ಸೂರ್ಯನ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಪ್ರಕಾಶ ಕಿರಣ ಸಾಕಷ್ಟು ಪ್ರಭಾವಿತವಾಗಬೇಕಿದ್ದರೆ ಆ ಕಿರಣ ಸೂರ್ಯನ ಸಮೀಪ ಬರಬೇಕು. ಆದರೆ ಹಾಗೆ ಕಿರಣ ಸೂರ್ಯನ ಹತ್ತಿರ ಬಂದರೆ ಅದನ್ನು ನೋಡುವುದು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯ ? ಏಕೆಂದರೆ ಸೂರ್ಯನ ಪ್ರಕಾಶದಲ್ಲಿ ಆ ಹೊರಗಿನಿಂದ ಬರುವ ಪ್ರಕಾಶದ ತೀವ್ರತೆ ತೀರ ಕಡಿಮೆಯಾದುದು. ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈ ಸಮಸ್ಯೆ ಯನ್ನು ಈ ರೀತಿ ಬಿಡಿಸಿದರು. ಸಂಪೂರ್ಣ (ಖಗ್ರಾಸ) ಸೂರ್ಯ ಗ್ರಹಣದ ವೇಳೆಗೆ ಸೂರ್ಯನ ಮುಖ ಮುಚ್ಚಿರುತ್ತದೆ. ಆಗ ಹೊರಗಿನಿಂದ ಅದರ ಸಮೀಪ ಬರುವ ಪ್ರಕಾಶವನ್ನು ನಾವು ನೋಡಬಹುದು. ಇಂಥ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ೧೯೧೯ ರ

ಚಿತ್ರ : ೧



ಸಂಪೂರ್ಣ ಸೂರ್ಯಗ್ರಹಣದ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರಪ್ರಥಮವಾಗಿ ಮಾಡಲಾಯಿತು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಚಿತ್ರ ೨ ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ವರ್ಣಿಸಬಹುದು.

ಸೂರ್ಯನ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಬರುವ ಮುನ್ನ ದೂರದ ನಕ್ಷತ್ರ ದಿಂದ ಹೊರಟ ಪ್ರಕಾಶದ ಕಿರಣ A B ಸರಳರೇಖೆಯನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತದೆ. ಸೂರ್ಯನ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಆ ಕಿರಣ ಬಂದಾಗ ಅದರ ಪಥ ವಿಚಲಿತಗೊಂಡು BC ಪಥದಗುಂಟ ಕಿರಣ ಚಲಿ ಸುತ್ತದೆ. ಆ ಪ್ರಕಾಶದ ಕಿರಣ ಸೂರ್ಯನಿಂದ 'ಆಕರ್ಷಿತ' ವಾದಂತಾಗಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಒಳಗೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಪುನಃ ಸೂರ್ಯನಿಂದ ದೂರ ಹೋದಾಗ ಅದರ ಪಥ CD ಆಗುತ್ತದೆ. ಈಗ ಆದ್ಯ ಪಥ AB ಯನ್ನು ಬೆಳೆಯಿಸಿ BD ಎಂದು ತೋರಿಸಿದರೆ BD ಮತ್ತು CD ಗಳ ನಡುವಿನ ಕೋನವೇ ಪ್ರಕಾಶದ ಕಿರಣ ಒಟ್ಟಾಗಿ ಪಲ್ಲಟಹೊಂದಿದ್ದನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ D ಯಲ್ಲಿ ನಿಂತ ನಮಗೆ A ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದ ಪ್ರಕಾಶ ನೇರವಾಗಿ ಒಂದೇ ಸರಳರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ತಲುಪದೆ ಕಿಂಚಿತ್ ವಿಚಲಿತ ಪಥದ ಮೂಲಕ ತಲುಪುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಪ್ರಕಾಶದ ಪಲ್ಲಟ. ಚಿತ್ರ ದಲ್ಲಿ ಈ ವಿಚಲನೆಯನ್ನು ಬಹಳ ಉತ್ಪ್ರೇಕ್ಷಿತವಾಗಿ ತೋರಿಸ ಲಾಗಿದೆ.

ವಾದಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಈ ಪಲ್ಲಟ ಯಾವುದೊಂದು ನಕ್ಷತ್ರದ ಪ್ರಕಾಶದ ಕಿರಣ ಸೂರ್ಯನ ಮಧ್ಯಬಿಂದುವಿನಿಂದ

(d×ಸೂರ್ಯನ ತ್ರಿಜ್ಯ) ಈ ದೂರದಲ್ಲಿ ಹಾಯ್ದು ಹೋಗುತ್ತಿದ್ದರೆ ಅದು $\gamma = 1{\cdot}7''/d$ ಈ ಕೋನದಷ್ಟು ಪಲ್ಲಟಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ಈ ಫಲಿತ ಕೂಡ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಗಳೊಡನೆ ಸರಿಹೊಂದುತ್ತದೆಂಬುದು ಗಮನಾರ್ಹ.

iii) ರಕ್ತಪಲ್ಲಟ :(Red shift) ಈ ಪದದಿಂದ ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ಎರಡು ವಿದ್ಯಮಾನಗಳು ಹೀಗಿವೆ : (a) ಡಾಪ್ಲರ್ ಪರಿಣಾಮದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ರಕ್ತಪಲ್ಲಟ ಮತ್ತು (b)ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದುಂಟಾಗುವ ರಕ್ತಪಲ್ಲಟ. ಸದ್ಯಕ್ಕೆ ನಮಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದುದು ಎರಡನೆಯದು.

ದೂರದಲ್ಲಿಯ ನಕ್ಷತ್ರವೊಂದರಲ್ಲಿ ಕಬ್ಬಿಣ ಲಭ್ಯವಿದೆಯೆಂದೂ ಅದರ ಪರಮಾಣುಗಳು ರೋಹಿತ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿವೆಯೆಂದೂ ತಿಳಿಯೋಣ. ಕಬ್ಬಿಣದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಉದ್ರೇಕಿಸಿ ಅವು ರೋಹಿತ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದಾಗಿದೆ. ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾದ ಕಬ್ಬಿಣದ ರೋಹಿತವನ್ನು ನಾವು ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಗ್ರಹಿಸಿ ಅದನ್ನು ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಮೂಡಿಸಿದ ಕಬ್ಬಿಣದ ರೋಹಿತದೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡಿದಾಗ ಎರಡೂ ರೋಹಿತಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಕಂಡು ಬರು

ತ್ತದೆ. ಕಬ್ಬಿಣದ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟೋ ರೇಖೆಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳ ಪೈಕಿ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ರೇಖೆಯ ತರಂಗ ದೂರ ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಉದ್ರೇಕಿಸಿ ಮೂಡಿಸಿದ ರೋಹಿತ ದಿಂದ ಅಳೆದಾಗ λ ಎಂದು ಇದ್ದರೆ ಅದೇ ರೇಖೆ (ಆ ರೇಖೆ ಯನ್ನು ಅದರ ರಚನೆಯಿಂದ ಗುರುತಿಸಬಹುದಾಗಿರುತ್ತದೆ) ದೂರದ ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದ ಬಂದ ಪ್ರಕಾಶದ ರೋಹಿತದಿಂದ ಅಳೆ ದಾಗ ಅದರ ತರಂಗ ದೂರ λ ಕ್ಕಿಂತ ಕಿಂಚಿತ್ ಹೆಚ್ಚು ಇರುವುದು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ; ಅಂದರೆ ನಕ್ಷತ್ರದ ರೋಹಿತ ರೇಖೆ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದ ರೋಹಿತ ರೇಖೆಯ ಹೆಚ್ಚು ತರಂಗ ದೂರದ ಬದಿಗೆ ಪಲ್ಲಟವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಕೆಂಪು ವರ್ಣದ ಪ್ರಕಾಶದ ತರಂಗ ದೂರ ನೇರಳೆ ಬಣ್ಣದ ಪ್ರಕಾಶ ತರಂಗ ದೂರಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಇರುವುದರಿಂದ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ರೋಹಿತ ದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ತರಂಗ ದೂರದ ಬದಿಗೆ 'ಕೆಂಪು' ಅಥವಾ 'ರಕ್ತ' ಬದಿ ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ರೋಹಿತ ರೇಖೆ 'ರಕ್ತ' ಪಲ್ಲಟ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ರಕ್ತ ಪಲ್ಲಟದ ಕಾರಣವೇನು ? ವ್ಯಾಪಕ ಸಾಪೇ ಕ್ಷತಾ ವಾದದ ಪ್ರಕಾರ ನಕ್ಷತ್ರವಿರುವ ಅವಕಾಶ ಮತ್ತು ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯವಿರುವ ಅವಕಾಶ ಇವೆರಡೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಕ್ರತೆಯನ್ನು ಪಡೆದಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ ಅವೆರಡೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಆ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಪರ ಮಾಣುಗಳ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯ ಮೇಲೆ ಭಿನ್ನ ಪರಿಣಾಮಗಳ

ನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ. ಈ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಗಣಿತೀಯವಾಗಿ ಅಭ್ಯಸಿಸಿದಾಗ ಅದು ರಕ್ತ ಪಲ್ಲಟ ಎಂದು ಕಂಡು ಬಂದಿದೆ.

ಈ ವಿದ್ಯಮಾನ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ದೃಢೀಕೃತವಾಗಿದೆಯೆ? ಯಾವುದೆ ನಕ್ಷತ್ರದ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಈ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಪರಿಕಲಿಸುವದು ದುಸ್ತರ ಏಕೆಂದರೆ ಪರಿಕಲಿಸಲು ಅವಶ್ಯವಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ದೂರ ನಿಖರವಾಗಿ ಗೊತ್ತಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದುದರಿಂದ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದಕ್ಕೆ ಈ ಪರಿಣಾಮ ಅಷ್ಟೊಂದು ಪುಷ್ಟಿಯನ್ನು ಕೊಡಲಾರದು. ಆದರೆ ಇತ್ತೀಚಿನ ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿರದೆ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇಂತಹವುಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಸ್ ಬಾಯರ್ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಯೋಜಿಸಿದ ಪ್ರಯೋಗವೇ ಪ್ರಮುಖವಾದುದು. ವಾದಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಭವಿಷ್ಯ ಕಥಿತ ಫಲಿತದೊಡನೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಫಲಿತ ಅತ್ಯಂತ ನಿಕಟವಾಗಿ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ರಕ್ತ ಪಲ್ಲಟ ಕೂಡ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ವ್ಯಾಪಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದದ ದೃಢೀಕರಣವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲು ಯಾವ ಸಂದೇಹವೂ ಇಲ್ಲ.

ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದ ಈ ಶತಮಾನದ ಅತ್ಯಂತ ಮಹತ್ವಪೂರ್ಣ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಾಧನೆಯಾಗಿದೆ. ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದ ಮತ್ತು ಅದು ಭವಿಷ್ಯಕಥಿಸುವ ಎಲ್ಲ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳು ವಿಪುಲವಾಗಿ ದೃಢೀಕರಣವನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. ದಿನ ನಿತ್ಯ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಕೂಡ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಶಕ್ತಿಯಂತಹ ಪದಗಳು ಬಳ

ಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಿ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದಕ್ಕೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಭದ್ರ ಪುಷ್ಟೀಕರಣೆ ಇದೆ.

ವ್ಯಾಪಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದದಷ್ಟು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ದೃಢೀಕರಣೆಯನ್ನು ಪಡೆದಿರದಿದ್ದರೂ ಅದು ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಗ್ಗೆ ನಮಗೆ ಹೊಸ ವಿಚಾರ ನೀಡಿದೆ. ಆಧುನಿಕ ಕ್ಷೇತ್ರ-ವಾದಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಶ್ರೇಷ್ಠ ಕ್ಷೇತ್ರ-ವಾದ ಎಂದೆನಿಸಿಕೊಂಡಿದೆ.

ಉಪನ್ಯಾಸ ಗ್ರಂಥಮಾಲೆಯ ಇತ್ತೀಚಿನ ಪ್ರಕಟನೆಗಳು

ಬೆಲೆ : ಪ್ರತಿ ಒಂದಕ್ಕೆ ೨೫ ಪೈಸೆ

ಹರಿಜನೋದ್ಧಾರ ಕಾರ್ಯ	— ಎನ್. ಕೆ. ಕಡೆತೋಟದ
ಬದಲಾಗುತ್ತಿರುವ ಭಾರತೀಯ ಕುಟುಂಬ	— ಎಚ್. ವ್ಹಿ. ನಾಗೇಶ
ಷಡಕ್ಷರದೇವ ಕವಿಯ ರಾಜಶೇಖರ ವಿಳಾಸ	— ಎಮ್. ಎನ್. ವಾಲಿ
ಆಯುರ್ವೇದ ಆಹಾರವಿಜ್ಞಾನ	— ಎನ್. ರಾಘವೇಂದ್ರ
ಟೆಲಿವ್ಹಿಜನ್	— ಎಮ್. ಎಸ್. ಕೊಟ್ಲಿ
ಶಿಕ್ಷಣ ಮತ್ತು ಸಂಸ್ಕೃತಿ	— ಆಯ್. ಎಸ್. ಬಿದರಿ
ಜೀವವಿಮೆ ಹಾಗೂ ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಬಂಡವಾಳ ಸಂಚಯ	— ಎಮ್. ಎಮ್. ಹೆಗಡೆ
ಸಾಮಾಜಿಕ ಬದಲಾವಣೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಗತಿ	— ಕೆ. ಜಿ. ಜೋಶಿ
ಜಗತ್ತು ಮಣ್ಣುಗೂಡೀತೇ ?	— ರಂಗನಾಥ ಕೌಲಗುಡ್
ಕವಿಬ್ರಹ್ಮಶಿವ	— ಎಸ್. ಪಿ. ಪಾಟೀಲ
ಅರವಿಂದಾಶ್ರಮದ ಶ್ರೀಮಾತೆ	— ಶ. ಸ. ಮಾಳವಾಡ

ವ್ಯಾಸಂಗವಿಸ್ತರಣ ಮತ್ತು ಪ್ರಕಟನ ವಿಭಾಗ

ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಧಾರವಾಡ